INFORME PERIODICO DE SUPERVISIÓN
Fecha: 01 de FEBRERO AL 28 DE FEBRERO de 2026

1. Datos del Convenio

NÚMERO DEL CONVENIO	**1079 DE 2025**
OBJETO DEL CONVENIO	Aunar esfuerzos para la gestión de proyectos de agua y saneamiento básico a través de la financiación y/o ejecución de proyectos de agua y saneamiento básico en los municipios del departamento de Norte de Santander señalados por el Decreto 062 de 2025 que declaró el estado de Conmoción Interior, con los recursos destinados para tal fin señalados en los Decretos 0274 y 359 de 2025, expedidos por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público o el que lo modifique, adicione o sustituya.
FECHA DE SUSCRIPCIÓN	23 DE ABRIL DE 2025
BENEFICIARIO	1.399 Hogares de los Municipios Convención, San Calixto, El Tarra, Teorama, El Carmen, Hacarí, Tibú y Sardinata, Abrego, Puerto Santander, San Cayetano, Villas del Rosario, La Playa, El Zulia, Ocaña, Norte de Santander / 20.000 habitantes de acuerdo con lo informado por la Secretaría Municipal de Planeación de Tibú, Norte de Santander
NIT	800.099.238-3
VALOR DEL CONVENIO	El valor total del presente CONVENIO será por la suma de SESENTA Y CUATRO MIL SETECIENTOS CINCO MILLONES NOVECIENTOS SETENTA Y UN MIL QUINIENTOS CUATRO PESOS ($64.705.971.504) M/CTE El aporte del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio al presente Convenio será hasta por la suma de SESENTA Y UN MIL NOVENTA Y DOS MILLONES DE PESOS M/CTE ($61.092.000.000), distribuidos así: • Proyecto "Construcción de la nueva captación para el abastecimiento de agua potable en la cabecera municipal de Tibú, Norte de Santander": SEIS MIL MILLONES DE PESOS M/CTE ($6.000.000.000). • Proyecto "Construcción de Unidades Sanitarias con Saneamiento Básico para Vivienda": CINCUENTA Y CINCO MIL NOVENTA Y DOS MILLONES DE PESOS M/CTE ($55.092.000.000). Los recursos destinados por el Departamento de Norte de Santander ascienden a la suma de TRES MIL SEISCIENTOS TRECE MILLONES NOVECIENTOS SETENTA Y UN MIL QUINIENTOS CUATRO PESOS M/CTE ($3.613.971.504), distribuidos de la siguiente manera: • Aporte en especie correspondiente a SEISCIENTOS TRECE MILLONES NOVECIENTOS SETENTA Y UN MIL QUINIENTOS CUATRO PESOS M/CTE ($613.971.504),

	conforme a la comunicación No. 2025-08400-009201-1 del 22 de abril de 2025. • Aporte correspondiente a MIL MILLONES DE PESOS M/CTE ($1.000.000.000), respaldado mediante Certificado de Disponibilidad Presupuestal No. 00002065, con código BPIN No. 2024004540031. • Aporte correspondiente a DOS MIL MILLONES DE PESOS M/CTE ($2.000.000.000), con cargo al Certificado de Disponibilidad Presupuestal No. 00-000502, el cual cuenta con un valor total de VEINTE MIL SETECIENTOS NOVENTA Y OCHO MILLONES TRESCIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS ONCE PESOS M/CTE ($20.798.352.811). En consecuencia, el valor total del Convenio Interadministrativo No. 1079 de 2025 asciende a la suma de SESENTA Y CUATRO MIL SETECIENTOS CINCO MILLONES NOVECIENTOS SETENTA Y UN MIL QUINIENTOS CUATRO PESOS M/CTE ($64.705.971.504).
VALOR DEL PROYECTO	• CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA REGIÓN DEL CATATUMBO DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER : $31.817.219.207 • CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER : $23.098.841.625,4 • CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA CAPTACIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CABECERA MUNICIPAL DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER.: N/A
PLAZO	• CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA REGIÓN DEL CATATUMBO DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER : 7 MESES • CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER : 7 MESES • CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA CAPTACIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CABECERA MUNICIPAL DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER.: N/A
FECHA DE INICIO	19 DE MAYO DE 2025
FECHA TERMINACIÓN INICIAL	31 DE DICIEMBRE DE 2025
ADICIÓN	12 MESES
PRÓRROGA	OTROSI 1 AL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NRO. 1079 DE 2025 SUSCRITO ENTRE EL MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO Y EL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER.
SUSPENSIÓN	N/A

FECHA TERMINACIÓN REAL	31 DE DICIEMBRE DE 2026

‹‹Nota: Incluir las modificaciones necesarias que se vayan presentando durante la ejecución del convenio››

2. Datos del Supervisor del Convenio

NOMBRE DEL SUPERVISOR	JHON ALDAIR ALVAREZ BACCA		
FECHA	19 DE NOVIEMBRE DE 2025		
DEPENDENCIA - MEMORANDO	Secretaria Agua Potable y Saneamiento Básico		
SUPERVISORES ANTERIORES	**NOMBRE**	**DESDE**	**HASTA**
	WILLIAM VILLAMIZAR LAGUADO	19/05/2025	18/11/2025

3. Información Física del Convenio

3.1. Proyecto(s) Viabilizado(s)

No. Comité Técnico VASB: 50 **Fecha:** 19/12/2025	
Nombre del Proyecto:	CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER
Alcance del Proyecto:	Interventoría de la la Obra civil y Suministro Capacitación usuarios (sistema de tratamiento) 2% de seguimiento MVCT Obras Civiles y Suministro Suministro y construcción de 595 unidades sanitarias en mampostería que incluye: • Caseta (sanitario, lavamanos, ducha, lavadero). • Cimentación. •Puntos hidráulicos, sanitarios y eléctricos. •Tanque elevado de 500 Lts. •Tratamiento: •Trampa de grasas. •Pozo séptico. * FAFA • Campo de infiltración •Caja de distribución. •Tubería perforad
Impacto del Proyecto:	Beneficio de 595 usuarios del Departamento de Norte de Santander – Región del Catatumbo con soluciones individuales – Unidades Sanitarias con sistemas de tratamiento de agua residual doméstica. •Eliminación de vectores de morbilidad •Eliminación de descargas puntuales - Disminución del impacto negativo en el medio ambiente. •Mejora de la calidad de vida de los beneficiarios

No. Comité Técnico VASB: 42	**Fecha:** 31/10/2025
Nombre del Proyecto:	CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA REGIÓN DEL CATATUMBO DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER
Alcance del Proyecto:	Interventoría de la la Obra civil y Suministro 2% de seguimiento MVCT Capacitación usuarios (sistema de tratamiento) Suministro y construcción de 804 unidades sanitarias en mampostería que incluye: Caseta (sanitario, lavamanos, ducha, lavadero). •Cimentación. •Puntos hidráulicos, sanitarios y eléctricos. • Tanque elevado de 500 Lts. •Tratamiento: •Trampa de grasas. •Pozo séptico. •FAFA •Campo de infiltración • Caja de distribución. •Tubería perforada. •Lecho filtrante.
Impacto del Proyecto:	Beneficio de 804 usuarios del Departamento de Norte de Santander – Región del Catatumbo con soluciones individuales – Unidades Sanitarias con sistemas de tratamiento de agua residual doméstica. Eliminación de vectores de morbilidad •Eliminación de descargas puntuales - Disminución del impacto negativo en el medio ambiente. • Mejora de la calidad de vida de los beneficiarios

4. Información Financiera del Convenio

4.1.

4.1.1 Plan Financiero del Proyecto "CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER"

COMPONENTES/ FUENTES	NACIÓN	DPTO	TOTAL
Obra Civil	$ 20.437.764.227	$ 1.000.000.000	$ 21.437.764.227
Interventoría Obra Civil (X%)	$ 1.470.201.398,40	$	$ 1.470.201.398,40
Capacitación Usuarios (sistema de tratamiento)	$ 190.876.000		$ 190.876.000
TOTAL	**$ 22.098.841.625**	**$ 1.000.000.000**	$ 23.098.841.625
% Participación	**95,67%**	**4,33%**	**100%**

El presente convenio no incluye el valor del 2% de seguimiento para el MVCT, según lo establecido en la Clausula Sexta – Valor del convenio 1079 de 2025, numeral 6.2, parágrafo segundo así: "El valor de los proyectos aquí estimado, en ningún momento incluye el valor de seguimiento del MINISTERIO, definido en el artículo 12 de la Resolución 0661 de 2019, por lo cual el MINISTERIO podrá realizar las gestión presupuestal necesaria para lograr el cierre financiero de los proyectos que cuenten con apoyo financiero de la nación".

4.1.2 Plan Financiero del Proyecto "CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA REGIÓN DEL CATATUMBO DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER"

COMPONENTES/ FUENTES	NACIÓN	DPTO	TOTAL
Obra Civil	$ 29.491.184.916	$	$ 29.491.184.916
Interventoría Obra Civil (X%)	$ 2.068.111.091	$	$ 2.068.111.091
Capacitación Usuarios (sistema de tratamiento)	$ 257.923.200		$ 257.923.200
TOTAL	**$ 31.817.219.207**	**$**	**$ 31.817.219.207**
% Participación	**100%**	**0%**	**100%**

El presente convenio no incluye el valor del 2% de seguimiento para el MVCT, según lo establecido en la Clausula Sexta – Valor del convenio 1079 de 2025, numeral 6.2, parágrafo segundo así: "El valor de los proyectos aquí estimado, en ningún momento incluye el valor de seguimiento del MINISTERIO, definido en el artículo 12 de la Resolución 0661 de 2019, por lo cual el MINISTERIO podrá realizar las gestión presupuestal necesaria para lograr el cierre financiero de los proyectos que cuenten con apoyo financiero de la nación".

<<Nota: Incluir el plan financiero cuando se modifique por concepto de reformulación del proyecto.>>

4.2 Disponibilidad Presupuestal y Esquema Fiduciario.

No. Resolución de Asignación – Fecha:	
Valor de Asignación:	**$23.098.841.625,40**
No. Certificado Disponibilidad de Recursos – Fecha:	**CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER** • 20408 (25 de febrero de 2026): $20,437,764,227 (CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS)

	• 20409 (25 de febrero de 2026): $1,000,000,000 (-CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS) • 20410 (25 de febrero de 2026): $1,470,201,398.40 (-INTERVENTORÍA) • 20411 (25 de febrero de 2026): $190,876,000 CAPACITACIÓN USUARIOS)
No. Registro Presupuestal – Fecha:	N/A
Nombre Entidad Fiduciaria:	FIDUCIA - CONSORCIO FIA
Fideicomitente (Beneficiario):	PDA NORTE DE SANTANDER

No. Resolución de Asignación – Fecha:	
Valor de Asignación:	**$31.817.219.207**
No. Certificado Disponibilidad de Recursos – Fecha:	**CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA REGIÓN DEL CATATUMBO DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER** • 19698 (25 de noviembre de 2025): $257,923,200.00 (CAPACITACIÓN USUARIOS) • 19697 (25 de noviembre de 2025): $2,068,111,091.00 (PARA EL PROYECTO INTERVENTORÍA) • 19696 (25 de noviembre de 2025): $29,491,184,916 (CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS)
No. Registro Presupuestal – Fecha:	N/A
Nombre Entidad Fiduciaria:	FIDUCIA - CONSORCIO FIA
Fideicomitente (Beneficiario):	PDA NORTE DE SANTANDER

Avance financiero del convenio interadministrativo No. 1079 de 2025, suscrito entre el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y el Departamento Norte De Santander.
"CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA CAPTACIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CABECERA MUNICIPAL DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER"
"CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS CON SANEAMIENTO BÁSICO PARA VIVIENDA"**.**
De acuerdo con las obligaciones enmarcadas en el proceso de seguimiento y supervisión de los convenios de usos de recursos en los cuales La Nación efectúa apoyo financiero a proyectos de acueducto y alcantarillado; a continuación se permite rendir informe financiero de los aportes recibidos de la Nación, rendimientos financieros generados y pagos generados a la fecha en marco del convenio interadministrativo de usos de

recursos en mención, con base a la información suministrada por el instrumento fiduciario que administra los recursos de la nación.

Cabe mencionar que dicho procedimiento **UNICAMENTE** se debe reportar para los recursos entregados del PGN:

4.3 **INFORMACIÓN APORTES**

1.1 SALDO PERIODO ANTERIOR	1.2 VALOR PERIODO ACTUAL	1.3 APORTES REINTEGRADOS A DTN	1.4 SALDO ACTUAL APORTES
$ 61.092.000.000,00	$ 0	$0	**$ 61.092.000.000,00**

MES	EVOLUCIÓN DE LOS APORTES NACIÓN	CDR EXPEDIDOS
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER, ENERO DE 2026	$ 55.092.000.000,00	$ 31.817.219.207,00
MUNUCIPIO DE TIBU, ENERO DE 2026	$ 6.000.000.000,00	$ 0,00
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER, FEBRERO DE 2026	$ 0,00	$ 22.098.841.625,40
MUNICIPIO DE TIBU, FEBRERO DE 2026	$ 0,00	$ 0,00
TOTAL	**$ 61.092.000.000,00**	**$ 53.916.060.832,40**

4.4 **Información Pagos**

2.1. SALDO PERIODO ANTERIOR	2.2. VALOR PERIODO ACTUAL	2.3 SALDO ACTUAL PAGOS
$ 0*	**$ 0**	**$ 0***

*A la fecha no se presentan movimientos de pagos.

4.5 **Información De Rendimientos**

ENTE	4.1 SALDO PERIODO ANTERIOR	4.2 INGRESO PERIODO ACTUAL	4.3. EJECUCIÓN PERIODO ACTUAL	4.4. RENDIMIENTOS REINTEGRADOS A LA DTN	4.5 SALDO ACTUAL DE RENDIMIENTOS
DEPARTAMENTO	$ 52.526.346,93	$ 211.916.697,67	$ -	$ -	$ 264.443.044,60
TIBU	$ 5.720.577,97	$ 23.079.579,35	$ -	$ -	$ 28.800.157,32
TOTALES	$ 58.246.924,90	$ 234.996.277,02	**$ -**	**$ -**	$ 293.243.201,92

4.6 Reintegro De Rendimientos Financieros

EVOLUCIÓN DE REINTEGRO DTN	
ACUMULADO A 28 FEBRERO 2025	$0
	$0
ACUMULADO VIGENCIA DEL CONTRATO	**$0**

5 Información Contractual del Convenio

5.1 Proyectos

5.1.1 Plan de Contratación del Proyecto "CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN LOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER"

ACTIVIDAD	VALOR	TIPO DE CONTRATACIÓN	EJECUTOR
Obra Civil y Capacitación Usuarios (sistema de tratamiento)	$21.628.640.277	Licitación pública (Obra pública)	PDA
Interventoría Obra Civil (X%)	$1.470.201.398,40	Concurso de méritos abierto	PDA
TOTAL	**$23.098.841.625,40**		

5.1.2 Plan de Contratación del Proyecto "CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA REGIÓN DEL CATATUMBO DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER"

ACTIVIDAD	VALOR	TIPO DE CONTRATACIÓN	EJECUTOR
Obra Civil y Capacitación Usuarios (sistema de tratamiento)	$29.749.108.116	Licitación pública (Obra pública)	PDA
Interventoría Obra Civil (X%)	$2.068.111.091	Concurso de méritos abierto	PDA
TOTAL	**$31.817.219.207**		

6 Resumen Ejecución del Convenio

ITEM	EJECUCIÓN FISICA DEL CONVENIO No. Contratos: Obra Civil 0 Interventoría 0	VALOR
1	VALOR DEL CONVENIO	SESENTA Y UN MIL NOVENTA Y DOS MILLONES DE

		PESOS M/CTE ($61.092.000.000)
2	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO (AVANCE DE OBRA)	0
3	VALOR VIABILIZADO DEL PROYECTO (CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA REGIÓN DEL CATATUMBO DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER)	$ 31.817.219.207
4	VALOR VIABILIZADO DEL PROYECTO (CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA REGIÓN DEL CATATUMBO DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER)	$23.098.841.625,4
5	VALOR PROYECTO OPTIMIZACION ACUEDUCTO - POZO TIBU	En proceso de viabilidad
6	VALOR VIABILIZADO DE LOS PROYECTOS TOTALES A LA FECHA	$ 54.916.060.832,4
7	VALORES CONTRATADOS DEL PROYECTO	$0
8	VALORES EJECUTADOS DEL PROYECTO	$0
9	SALDO VALORES NO CONTRATADOS DEL PROYECTO	$0
10	SALDO VALORES NO EJECUTADOS DEL PROYECTO	$0

NOTA: ANEXOS ‹‹Anexar los documentos que soportan las ejecuciones físicas y financieras››.

7 Temas técnicos de cada proyecto

Introducción

El presente informe ejecutivo tiene como finalidad exponer el estado de avance del seguimiento al **Convenio Interadministrativo No. 1079 de 2025**, suscrito entre el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y el Departamento de Norte de Santander, en el marco de las actividades orientadas a la ejecución y seguimiento de los proyectos asociados al mismo.

El seguimiento se orienta a verificar el cumplimiento de los compromisos establecidos en el convenio, así como de los requisitos técnicos, administrativos, jurídicos y financieros exigidos por la normativa vigente, garantizando la adecuada planeación, transparencia y correcta ejecución de los recursos destinados al desarrollo de las iniciativas en materia de agua potable y saneamiento básico.

Objeto del seguimiento

Realizar el acompañamiento y control a las actividades desarrolladas en el marco del Convenio Interadministrativo No. 1079 de 2025, con el fin de verificar el cumplimiento de los compromisos adquiridos por las partes y asegurar que las actuaciones adelantadas se ajusten a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y la normativa aplicable.

Alcance del seguimiento

El seguimiento comprende, entre otros, los siguientes aspectos:

- Verificación del cumplimiento de las obligaciones establecidas en el convenio por parte de las entidades suscriptoras.
- Revisión del avance en la gestión técnica, administrativa y financiera relacionada con la ejecución de los proyectos asociados.
- Seguimiento a las actividades adelantadas para la estructuración, ejecución y control de las iniciativas contempladas en el convenio.
- Identificación de observaciones, avances y recomendaciones que permitan garantizar el adecuado desarrollo de los compromisos establecidos.

Actividades Realizadas

En cumplimiento de la obligación de garantizar la asistencia técnica integral a los municipios para la estructuración y/o ejecución de proyectos de agua y saneamiento básico, en el marco del estado de conmoción interior decretado por el Gobierno Nacional, se deja constancia de que **las acciones de acompañamiento técnico fueron desarrolladas y reportadas en informes anteriores**, en relación con el proyecto de **Construcción de Unidades Sanitarias**.

En el marco de dicho acompañamiento, se informó oficialmente a las entidades territoriales el **número de beneficiarios aprobados en fase documental**, como resultado del proceso de **revisión, ajuste y validación técnica** adelantado ante el **Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio**, garantizando la correcta estructuración del proyecto y la coordinación interinstitucional requerida.

Para la **Fase I – Región del Catatumbo**, se comunicó a los municipios el número definitivo de beneficiarios aprobados, así: Convención (118), El Carmen (99), El Tarra (89), Hacarí (230), San Calixto (56), Sardinata (52), Teorama (110) y Tibú (50).

De igual manera, para la **Fase II**, se informó a los municipios el total de beneficiarios aprobados en fase documental: Ábrego (49), El Zulia (53), La Playa (91), Ocaña (90), Puerto Santander (41), San Cayetano (48), Villa del Rosario (50) y San Calixto (173), para un total de **595 beneficiarios aprobados**.

Lo anterior evidencia el cumplimiento de la obligación contractual, mediante la **asistencia técnica permanente**, el acompañamiento en la estructuración del proyecto y la **comunicación oficial de resultados a los municipios**, asegurando la adecuada articulación institucional y la correcta ejecución de las iniciativas en el marco del estado de conmoción interior.

Así mismo, en el marco del seguimiento a la ejecución de los recursos, **se adelanta la etapa precontractual** del proyecto *"Construcción de Unidades Sanitarias en Municipios de la Región del Catatumbo y en Municipios del Departamento Norte de Santander"*, correspondiente a los proyectos de inversión **BPIN 202600000006116 y 202600000008720**, incluyendo la elaboración y revisión del **estudio técnico**, **documento borrador de pliegos**, **anexo técnico** y **análisis del sector** de unidades sanitarias.

Durante el mes de febrero de 2026 se inició el proceso de formulación del Plan Operativo del Convenio Interadministrativo No. 1079 de 2025. En esta etapa, el equipo técnico del Plan Departamental de Agua (PDA) adelantó la revisión y análisis del formato dispuesto

por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, con el fin de familiarizarse con su estructura, componentes y requisitos, estableciendo la metodología para la posterior consolidación de la información técnica, administrativa, financiera y de programación requerida para su elaboración. Así mismo, se proyecta que durante el mes de marzo de 2026 el Plan Operativo quede debidamente consolidado y sea presentado al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para su revisión y aprobación, conforme a los lineamientos establecidos en el convenio.

El día **25 de febrero de 2026**, el instrumento fiduciario expidió las siguientes **Certificaciones de Disponibilidad de Recursos (CDR)** para el proyecto **"Construcción de unidades sanitarias en municipios del departamento de Norte de Santander"**, por un **valor de asignación de $23.098.841.625,40**. Lo anterior, **teniendo en cuenta que el 25 de noviembre de 2025 se contaba con un valor de CDR por $31.817.219.207**, así:

- **CDR No. 20408 – 25 de febrero de 2026:** $20.437.764.227 (Construcción de unidades sanitarias). **(VER ANEXO III)**
- **CDR No. 20409 – 25 de febrero de 2026:** $1.000.000.000 (Construcción de unidades sanitarias). **(VER ANEXO III)**
- **CDR No. 20410 – 25 de febrero de 2026:** $1.470.201.398,40 (Interventoría). **(VER ANEXO III)**
- **CDR No. 20411 – 25 de febrero de 2026:** $190.876.000 (Capacitación a usuarios). **(VER ANEXO III)**

> *El proyecto denominado **"CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER" (FASE II)** obtuvo concepto favorable de viabilidad por parte del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio mediante Radicado No. 2025ER0133598 – Código 1-2025-213, de fecha 06 de enero de 2026.*
>
> *Se deja constancia de que durante el mes de diciembre de 2025 se atendieron y subsanaron las últimas observaciones formuladas al proyecto en el marco del PDA, relacionadas con los componentes técnicos, prediales, de georreferenciación y ajustes presupuestales. Dichas observaciones fueron remitidas al Ministerio al finalizar el mes de diciembre de 2025, razón por la cual el concepto de viabilidad fue emitido oficialmente el 06 de enero de 2026.*
>
> *En consecuencia, los Certificados de Disponibilidad de Recursos (CDR) correspondientes a la Fase II del proyecto, denominada **"CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER"**, no fueron expedidos con fecha de 2025, toda vez que la viabilización oficial constituye requisito previo para la expedición de dichos certificados, la cual se produjo en la vigencia 2026.*
>
> *Así mismo, se deja constancia de que el proyecto cuenta con una Fase I denominada **"CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA REGIÓN DEL CATATUMBO, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER"**, la cual obtuvo viabilización el 06 de noviembre de 2025, dicha FASE I si cuenta con los Certificados de Disponibilidad de Recursos (CDR) expedidos a fecha del año 2025.*

Lo anterior evidencia la gestión para la **asignación y disponibilidad de los recursos**, garantizando su adecuada administración a través del **instrumento fiduciario**, conforme a lo establecido en el convenio y sus documentos derivados.

Proyecto: Construcción de la nueva captación mediante pozo profundo para el abastecimiento de agua potable en la cabecera municipal de Tibú:

El **12 de febrero de 2026**, el **Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT)** remitió un correo electrónico mediante el cual convocó a una reunión virtual **(VER ANEXO I)** en los siguientes términos:
"Respetuoso saludo, En cumplimiento de las obligaciones del Convenio Interadministrativo de Cooperación No. 1506 de 2025 y con el fin de avanzar en el seguimiento que se viene realizando desde el año pasado a la estructuración del proyecto *"Nueva captación para abastecimiento de Agua Potable en el casco urbano de Tibú, Norte de Santander"* (Convenio 1079 de 2025), se convoca la presente reunión virtual así:

Fecha: jueves, 12 de febrero de 2026
Hora: 3:00 p.m."
En atención a la convocatoria realizada por el MVCT, se participó en la reunión programada, en la cual se abordaron los avances y requerimientos del proyecto de **nueva captación para el abastecimiento de agua potable en el municipio de Tibú**.

Durante la sesión se destacó la reciente **modificación del contrato de consultoría**, mediante la cual se incluyeron actividades adicionales relacionadas con el diseño de la planta. Asimismo, se informó que la **radicación del permiso ante la corporación ambiental** se realizó a finales del mes de enero; sin embargo, a la fecha de la reunión no se había recibido respuesta, motivo por el cual la profesional Adriana Gómez solicitó copia del soporte de radicación.

Por otra parte, la **interventoría presentó el estado de avance de la revisión técnica de los estudios y diseños**, resaltando la necesidad de acelerar la entrega de información por parte de **Ingeomad S.A.S.**, con el fin de que la interventoría pueda validar la documentación y proceder con la radicación del proyecto ante el Ministerio antes del **20 de febrero del presente mes**.

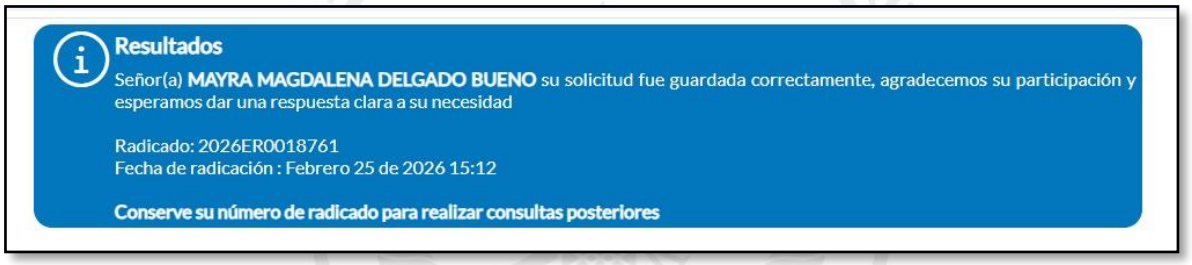
Adicionalmente, se enfatizó la importancia de que el diseño de la **Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)** cumpla con la normativa vigente. En este sentido, se presentó un diagnóstico técnico que sugiere la **construcción de una nueva planta con capacidad de 44 litros por segundo**, considerando que la infraestructura actual resulta ineficiente para las necesidades del sistema.

Finalmente, la profesional Adriana Gómez reiteró la necesidad de presentar el proyecto con **costos detallados por componente**, dado que el Ministerio no acepta propuestas con valores globales. Como resultado de la reunión, se acordó **convocar una nueva sesión de trabajo para el lunes siguiente a las 2:00 p.m.**, con el fin de resolver las

inquietudes formuladas por el grupo de evaluación de proyectos. Al finalizar la sesión la se envió correo al MVCT un resumen de la misma **(VER ANEXO II)**

El 25 de febrero de 2026 se realizó radicado ante la ventanilla del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio del proyecto denominado "Optimización del acueducto urbano mediante la construcción de pozo profundo para la obtención de agua subterránea y sistema de tratamiento en el municipio de Tibú, Norte de Santander", mediante el cual se presentó el proyecto para su revisión, con un valor estimado inicial de $8.000.000.000.

Se deja constancia de que el proyecto identificado en el marco del Convenio Interadministrativo No. 1079 de 2025 con el nombre **"Construcción de la nueva captación para el abastecimiento de agua potable en la cabecera municipal de Tibú, Norte de Santander"** corresponde al mismo proyecto que fue radicado el día **25 de febrero de 2026** ante la Ventanilla Única del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio bajo la denominación **"Optimización del acueducto urbano mediante la construcción de pozo profundo para la obtención de agua subterránea y sistema de tratamiento en el municipio de Tibú, Norte de Santander"**.



En desarrollo de las actividades de supervisión al Contrato de Interventoría, durante el período comprendido en el mes de **febrero de 2025**, el Departamento de Norte de Santander – Plan Departamental de Agua (PDA) realizó seguimiento a las actividades de revisión técnica adelantadas por la interventoría **(VER ANEXO IV)** sobre los productos entregados por el contratista de consultoría para la elaboración de los estudios y diseños de preinversión del proyecto **"Optimización del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú mediante la construcción de un pozo profundo para la captación de agua subterránea"**.

- **Seguimiento a los componentes hidrogeológico e hidráulico**

Durante el periodo comprendido entre el **01 y el 24 de febrero de 2026**, el Departamento de Norte de Santander – Plan Departamental de Agua (PDA), en ejercicio de la supervisión al Contrato de Interventoría, realizó seguimiento a las actividades adelantadas por la interventoría respecto a la revisión de los componentes hidrogeológico e hidráulico del proyecto "Nueva Captación para el Abastecimiento de Agua Potable en la Cabecera Municipal de Tibú".
De acuerdo con la información reportada por la interventoría, durante el periodo se desarrollaron las Revisiones No. 2, No. 3 y No. 4 de los documentos técnicos entregados por la consultoría, verificando de manera progresiva la atención de las observaciones formuladas en etapas anteriores y el avance en la consolidación de los estudios.
En relación con el **componente hidrogeológico**, la supervisión evidenció que la interventoría mantuvo concepto técnico favorable durante las diferentes revisiones efectuadas, al considerar que el estudio cumple con los requerimientos técnicos para la caracterización del acuífero, la exploración del pozo profundo, las pruebas de bombeo y

el análisis de disponibilidad del recurso hídrico subterráneo, sin identificarse observaciones técnicas de fondo.

Respecto al **diagnóstico del sistema** y la **selección de alternativas**, se verificó que la interventoría concluyó el cumplimiento de los criterios técnicos y metodológicos establecidos, luego de que la consultoría incorporara los ajustes relacionados con el déficit de almacenamiento inicialmente observado.

En cuanto al **estudio hidráulico**, la supervisión evidenció avances importantes derivados de las sucesivas revisiones realizadas por la interventoría, particularmente en la incorporación de la modelación hidráulica, el cálculo de la potencia de bombeo, la definición de la línea de impulsión, el análisis de golpe de ariete, el diseño de anclajes y la actualización de los planos técnicos. No obstante, al cierre del periodo permanecían observaciones puntuales relacionadas principalmente con la identificación del profesional responsable en algunos planos hidráulicos, razón por la cual el componente fue considerado con cumplimiento parcial y sujeto a ajustes finales.

De igual forma, se verificó que el componente correspondiente a la **línea de impulsión** atendió satisfactoriamente las observaciones formuladas durante revisiones anteriores, permitiendo a la interventoría establecer su cumplimiento técnico.

En relación con los **detalles constructivos del pozo profundo**, se constató que la consultoría presentó información adicional durante el periodo; sin embargo, persistía la necesidad de incorporar la identificación y firma del profesional responsable en la documentación técnica, aspecto que impedía su aprobación definitiva.

Respecto al componente correspondiente a la **Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)**, el seguimiento permitió evidenciar que, aunque la consultoría presentó información adicional, incluyendo memorias de cálculo y resultados de ensayos de calidad del agua, aún persistían observaciones relacionadas con el nivel de detalle de los planos, la definición del tren de tratamiento y la identificación de los responsables técnicos, por lo cual la interventoría mantuvo concepto de no cumplimiento para este componente.

Como resultado del seguimiento efectuado, se evidenció que la interventoría continuó desarrollando las actividades de revisión técnica de manera permanente, verificando la incorporación progresiva de los ajustes realizados por la consultoría y manteniendo el acompañamiento requerido para la consolidación de los estudios y diseños.

- **Seguimiento al estudio de suelos**

Durante el periodo objeto del presente informe, el PDA verificó las actividades adelantadas por la interventoría respecto al componente de estudio de suelos y exploración geotécnica.

Como resultado del seguimiento realizado, se evidenció que la consultoría atendió la totalidad de las observaciones formuladas durante las revisiones técnicas efectuadas previamente por la interventoría, incorporando los ajustes relacionados con la caracterización geotécnica del terreno, parámetros de diseño, análisis de capacidad portante, interpretación de ensayos y recomendaciones constructivas.

De acuerdo con la información suministrada por la interventoría, una vez revisada la versión ajustada del estudio se verificó el cumplimiento de los requisitos técnicos, normativos y contractuales establecidos para este componente.

En consecuencia, durante el periodo reportado la interventoría emitió el **Oficio OFI-CP-06**, mediante el cual formalizó la aprobación definitiva del componente de estudio de suelos, al considerar que la documentación constituye un soporte técnico suficiente para el desarrollo de las siguientes etapas del proyecto.

En el marco de la supervisión ejercida por el PDA, se constató la emisión del citado concepto técnico favorable y la culminación del proceso de revisión correspondiente a este componente.

- **Seguimiento al componente eléctrico**

Durante el periodo comprendido entre el **01 y el 24 de febrero de 2026**, el PDA realizó seguimiento a las actividades desarrolladas por la interventoría respecto al componente eléctrico del proyecto.

De acuerdo con los informes presentados, la interventoría verificó la incorporación de los ajustes solicitados a la consultoría durante las mesas técnicas realizadas previamente, relacionados principalmente con la definición del sistema de respaldo energético y la unificación de la capacidad del transformador proyectado.

Así mismo, se evidenció que la versión ajustada de las memorias de cálculo incorporó el análisis de riesgos eléctricos conforme al RETIE, la evaluación del riesgo por descargas atmosféricas (SIPRA), el diseño del sistema de puesta a tierra, el cálculo y selección de equipos eléctricos, la coordinación de protecciones y la selección de conductores, verificándose el cumplimiento de los criterios técnicos y normativos aplicables.

Como resultado del proceso de revisión efectuado por la interventoría, se estableció que las observaciones formuladas en etapas anteriores fueron atendidas satisfactoriamente por la consultoría, evidenciándose coherencia entre las memorias de cálculo, los planos y los criterios de diseño adoptados.

En consecuencia, durante el periodo reportado la interventoría emitió el **Oficio OFI-CP-07**, mediante el cual formalizó la aprobación técnica del componente eléctrico, dejando únicamente pendiente la consolidación documental para el cierre definitivo del expediente técnico.

La supervisión ejercida por el PDA permitió verificar la emisión del referido concepto técnico favorable y el cumplimiento de las actividades de seguimiento desarrolladas por la interventoría sobre este componente.

8 Conclusiones y/u Observaciones

CONCEPTO/OBSERVACIONES DEL SUPERVISOR
Una vez revisadas las actuaciones adelantadas durante el período reportado, se evidencia que el Departamento de Norte de Santander – Plan Departamental de Agua (PDA), en calidad de ejecutor del Convenio Interadministrativo No. 1079 de 2025, ha dado cumplimiento a las obligaciones relacionadas con la asistencia técnica integral a los municipios beneficiarios, así como al seguimiento técnico, administrativo y financiero de los proyectos formulados en el marco del convenio. Se observa continuidad en las actividades de acompañamiento y articulación institucional con los municipios vinculados al proyecto "Construcción de Unidades Sanitarias", garantizando la revisión, validación y comunicación oficial de los beneficiarios aprobados en las fases I y II, así como el cumplimiento de los requerimientos efectuados por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para la viabilización de los proyectos. Así mismo, se evidencia avance en la etapa precontractual del proyecto, mediante la elaboración y revisión de estudios técnicos, documentos precontractuales, anexos técnicos y análisis del sector, lo cual permite fortalecer las condiciones para el inicio del proceso contractual y la adecuada ejecución de los recursos asignados. Respecto al proyecto "Nueva Captación para el Abastecimiento de Agua Potable en el municipio de Tibú", se destaca la participación activa en las mesas técnicas convocadas por el Ministerio, el seguimiento a las actividades de consultoría e interventoría y la gestión de radicación del proyecto

para la revisión ante el MVCT, incluyendo aspectos técnicos, ambientales y presupuestales requeridos para su evaluación.

De igual manera, se evidencia la gestión para la expedición de los Certificados de Disponibilidad de Recursos (CDR) correspondientes a la Fase II del proyecto de unidades sanitarias, una vez obtenida la viabilidad oficial emitida por el Ministerio en enero de 2026, garantizando la adecuada administración y trazabilidad financiera de los recursos a través del instrumento fiduciario constituido para el convenio.

Como resultado del seguimiento efectuado durante el periodo comprendido del mes de **febrero de 2026**, el Departamento de Norte de Santander – Plan Departamental de Agua (PDA), en calidad de supervisor de la interventoría, evidenció lo siguiente:

- Se verificó que los componentes **topográfico, estudio de suelos y eléctrico** cuentan con aprobación técnica por parte de la interventoría, una vez atendidas las observaciones formuladas durante el proceso de revisión.
- El componente **hidrogeológico**, así como el **diagnóstico del sistema** y la **selección de alternativas**, presentan cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos y continúan en proceso de consolidación documental para el cierre de su revisión.
- El **estudio hidráulico** registra avances significativos respecto a periodos anteriores; sin embargo, permanecen observaciones puntuales que requieren ser incorporadas por la consultoría antes de su validación definitiva.
- El componente correspondiente al **pozo profundo** presenta avances en la documentación técnica, manteniéndose pendientes ajustes menores relacionados con la formalización de los planos y la identificación de los profesionales responsables.
- El componente de **Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)** continúa presentando observaciones técnicas que impiden su aprobación, siendo necesario complementar el desarrollo del diseño y la documentación técnica requerida.
- Se evidenció que la interventoría continuó desarrollando el seguimiento técnico, administrativo y contractual al contrato de consultoría, efectuando las revisiones correspondientes y verificando la atención progresiva de las observaciones formuladas.
- En términos generales, el proyecto presenta avances importantes en la consolidación de los estudios y diseños; no obstante, continúa sujeto a la culminación de los ajustes pendientes en los componentes hidráulico y de PTAP para lograr la aprobación integral de los productos de consultoría.

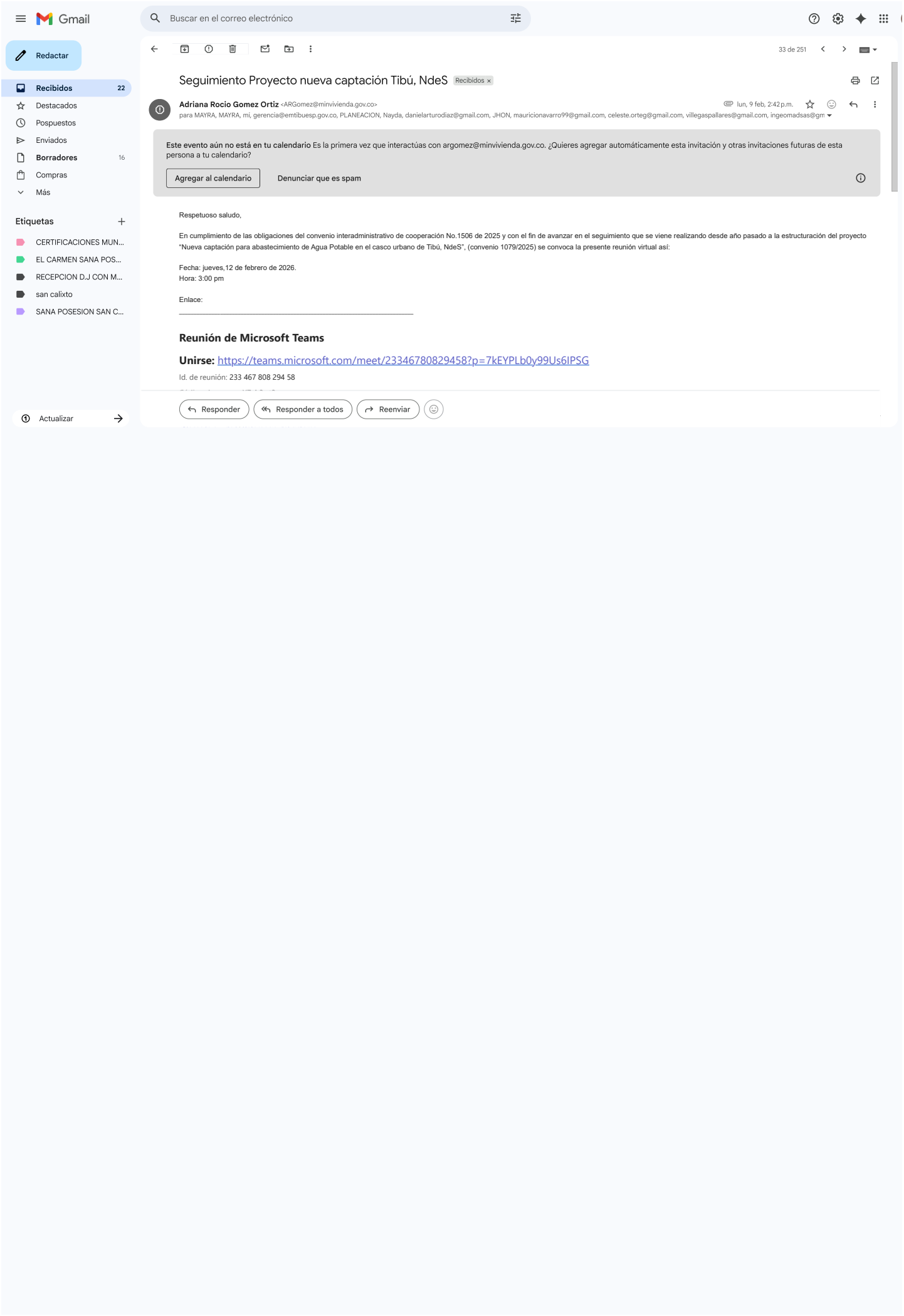
Como observación general, se recomienda continuar fortaleciendo el seguimiento técnico y financiero de los proyectos, así como la articulación permanente con los municipios, consultores, interventorías y el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, con el propósito de garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos, ambientales y contractuales necesarios para la ejecución efectiva de los proyectos financiados en el marco del convenio.

JHON ALDAIR ALVAREZ BACCA
SECRETARIO SAPSB – SUPERVISOR CONVENIO

Trazabilidad	Nombre	Cargo	Firma y fecha
Proyectó:	Astrid Yubely Rojas Navarro	Contratista SAPSB	
Revisión técnica:	Mayra M. Delgado Bueno	Asesora Tecnica SAPSB	
Aprobó:			
Los arriba firmantes declaramos que hemos revisado el documento y lo encontramos ajustado a las normas y disposiciones legales vigentes, y por lo tanto, bajo nuestra responsabilidad lo presentamos para la firma.			

ANEXO I

Reunión virtual **entre PDA y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT)** seguimiento del proyecto *"Nueva captación para abastecimiento de Agua Potable en el casco urbano de Tibú, Norte de Santander"*


Gmail
Buscar en el correo electrónico
Redactar
Recibidos 22
Destacados
Pospuestos
Enviados
Borradores 16
Compras
Más
Etiquetas
CERTIFICACIONES MUN...
EL CARMEN SANA POS...
RECEPCION D.J CON M...
san calixto
SANA POSESION SAN C...
Actualizar
33 de 251
Seguimiento Proyecto nueva captación Tibú, NdeS
Recibidos
Adriana Rocio Gomez Ortiz <ARGomez@minvivienda.gov.co>
para MAYRA, MAYRA, mi, gerencia@emtibuesp.gov.co, PLANEACION, Nayda, danielarturodiaz@gmail.com, JHON, mauricionavarro99@gmail.com, celeste.orteg@gmail.com, villegaspallares@gmail.com, ingeomadsas@gm
lun, 9 feb, 2:42 p.m.
Este evento aún no está en tu calendario Es la primera vez que interactúas con argomez@minvivienda.gov.co. ¿Quieres agregar automáticamente esta invitación y otras invitaciones futuras de esta persona a tu calendario?
Agregar al calendario
Denunciar que es spam
Respetuoso saludo,
En cumplimiento de las obligaciones del convenio interadministrativo de cooperación No.1506 de 2025 y con el fin de avanzar en el seguimiento que se viene realizando desde año pasado a la estructuración del proyecto "Nueva captación para abastecimiento de Agua Potable en el casco urbano de Tibú, NdeS", (convenio 1079/2025) se convoca la presente reunión virtual así:
Fecha: jueves,12 de febrero de 2026.
Hora: 3:00 pm
Enlace:
Reunión de Microsoft Teams
Unirse: https://teams.microsoft.com/meet/23346780829458?p=7kEYPLb0y99Us6IPSG
Id. de reunión: 233 467 808 294 58
Responder
Responder a todos
Reenviar

ANEXO II

Envió al MVCT un resumen de la reunión virtual del 12/02/2025 *"Nueva captación para abastecimiento de Agua Potable en el casco urbano de Tibú, Norte de Santander*


Gmail
Buscar en el correo electrónico
Redactar
Recibidos 22
Destacados
Pospuestos
Enviados
Borradores 16
Compras
Más
Etiquetas
CERTIFICACIONES MUN...
EL CARMEN SANA POS...
RECEPCION D.J CON M...
san calixto
SANA POSESION SAN C...
Actualizar
29 de 249
Seguimiento Proyecto nueva captación Tibú, NdeS el February 12, 2026 | Read Reunión Informe
Recibidos
MAYRA DELGADO via Read AI <executiveassistant@e.read.ai>
Anular la suscripción
para mí
12 feb 2026, 4:39 p.m.
Read AI
Has sido invitado a ver este informe porque MAYRA DELGADO añadió Read a la reunión y quería compartir el resumen contigo.
Seguimiento Proyecto nueva captación Tibú, NdeS
February 12, 2026
Se abordaron los avances y requerimientos del proyecto de nueva captación en Tibú, destacando la reciente modificación del contrato de consultoría para incluir actividades adicionales en el diseño de la planta. Se mencionó que la erradicación del permiso a la corporación ambiental se realizó a finales de enero, pero aún... ver más
Accede a este informe de reunión
Responder
Reenviar

ANEXO III

CDR No. 20408 – 25 de febrero de 2026: $20.437.764.227 (Construcción de unidades sanitarias).
CDR No. 20409 – 25 de febrero de 2026: $1.000.000.000 (Construcción de unidades sanitarias).
CDR No. 20410 – 25 de febrero de 2026: $1.470.201.398,40 (Interventoría).
CDR No. 20411 – 25 de febrero de 2026: $190.876.000 (Capacitación a usuarios).

CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA ADQUIRIR COMPROMISOS No 20408

CONSORCIO FIA
Administrador y Vocero del Patrimonio Autónomo FIA

CERTIFICA QUE:

En desarrollo del Contrato de Fiducia Mercantil Irrevocable de Recaudo, Administración, Garantía y Pagos para el manejo de los recursos de los Planes Departamentales de Agua, Cláusula 16.14, existe un compromiso contractual del **DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER** de transferir, expresa, irrevocable, e incondicionalmente al PATRIMONIO AUTONOMO FIA, los recursos en cuantía suficiente, una vez descontado el valor de los compromisos ya celebrados, para atender el siguiente compromiso a suscribirse en desarrollo del Plan Departamental de Agua (PDA) del **DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER:**

CONCEPTO DEL GASTO	COMPONENTE EN INFRAESTRUCTURA EN AGUA Y SANEAMIENTO	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	COMUNICACIÓN DE CONCEPTO DE VIABILIDAD PARA EL PROYECTO -CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
FUENTE Y VALOR	NACIÓN - COLOMBIA POTENCIA MUNDIAL DE LA VIDA	$20,437,764,227.00
	TOTAL	**$20,437,764,227.00**

El presente **CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA ADQUIRIR COMPROMISOS** se expide por valor total de **VEINTE MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y SIETE MILLONES SETECIENTOS SESENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS VEINTISIETE PESOS M/CTE *** ($20,437,764,227.00),** en atención a la solicitud suscrita por el Gestor del PDA del Departamento de **NORTE DE SANTANDER**, de acuerdo con la Carta de Viabilización del Proyecto, No 2026EE0000379 del 06 de Enero de 2026, suscrita por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

El Consorcio FIA (Fiduciaria Bancolombia, Fiduciaria Bogotá y BBVA Asset Management), no asume responsabilidad alguna por la celebración y ejecución de los compromisos que se efectúen con amparo en el presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos.

El presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos se emite con base en la documentación presentada por el Gestor del PDA, la cual se presume veraz y quien ante cualquier inconsistencia en la misma, debe responder ante los organismos de control del Estado, por cualquier inexactitud o falsedad en la información que pueda ocasionar un detrimento patrimonial de los recursos del Estado o un perjuicio a la comunidad.

El presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos se expide en la ciudad de Bogotá D.C., el día 25 de Febrero de 2026.

NELCY RIVERA ALZATE
GERENTE

CARLOS ANDRÉS AMAYA OTÁLORA
DIRECTOR RELACIONAMIENTO

Elaboró: GIOVANNI PEÑA CRUZ

En el evento de presentarse el caso señalado en el numeral primero (1) del artículo 2.3.3.1.7.1. del Decreto 1077 de 2015, el Gestor del PDA deberá entregar al correspondiente Alcalde Municipal facultado para Contratar, toda la información concerniente al Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos (CDR), que necesite para adelantar la gestión de Contratación, sin que este último requiera solicitar un nuevo documento al Consorcio FIA

CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA ADQUIRIR COMPROMISOS No 20409

CONSORCIO FIA
Administrador y Vocero del Patrimonio Autónomo FIA

CERTIFICA QUE:

En desarrollo del Contrato de Fiducia Mercantil Irrevocable de Recaudo, Administración, Garantía y Pagos para el manejo de los recursos de los Planes Departamentales de Agua, Cláusula 16.14, existe un compromiso contractual del **DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER** de transferir, expresa, irrevocable, e incondicionalmente al PATRIMONIO AUTONOMO FIA, los recursos en cuantía suficiente, una vez descontado el valor de los compromisos ya celebrados, para atender el siguiente compromiso a suscribirse en desarrollo del Plan Departamental de Agua (PDA) del **DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER:**

CONCEPTO DEL GASTO	COMPONENTE EN INFRAESTRUCTURA EN AGUA Y SANEAMIENTO	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	COMUNICACIÓN DE CONCEPTO DE VIABILIDAD PARA EL PROYECTO -CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
FUENTE Y VALOR	PA FIA - OTROS RECURSOS	$1,000,000,000.00
	TOTAL	**$1,000,000,000.00**

El presente **CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA ADQUIRIR COMPROMISOS** se expide por valor total de **UN MIL MILLONES DE PESOS M/CTE *** ($1,000,000,000.00),** en atención a la solicitud suscrita por el Gestor del PDA del Departamento de **NORTE DE SANTANDER**, de acuerdo con la Carta de Viabilización del Proyecto, No 2026EE0000379 del 06 de Enero de 2026, suscrita por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

El Consorcio FIA (Fiduciaria Bancolombia, Fiduciaria Bogotá y BBVA Asset Management), no asume responsabilidad alguna por la celebración y ejecución de los compromisos que se efectúen con amparo en el presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos.

El presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos se emite con base en la documentación presentada por el Gestor del PDA, la cual se presume veraz y quien ante cualquier inconsistencia en la misma, debe responder ante los organismos de control del Estado, por cualquier inexactitud o falsedad en la información que pueda ocasionar un detrimento patrimonial de los recursos del Estado o un perjuicio a la comunidad.

El presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos se expide en la ciudad de Bogotá D.C., el día 25 de Febrero de 2026.

NELCY RIVERA ALZATE
GERENTE

CARLOS ANDRÉS AMAYA OTÁLORA
DIRECTOR RELACIONAMIENTO

Elaboró: GIOVANNI PEÑA CRUZ

En el evento de presentarse el caso señalado en el numeral primero (1) del artículo 2.3.3.1.7.1. del Decreto 1077 de 2015, el Gestor del PDA deberá entregar al correspondiente Alcalde Municipal facultado para Contratar, toda la información concerniente al Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos (CDR), que necesite para adelantar la gestión de Contratación, sin que este último requiera solicitar un nuevo documento al Consorcio FIA

CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA ADQUIRIR COMPROMISOS No 20410

CONSORCIO FIA
Administrador y Vocero del Patrimonio Autónomo FIA

CERTIFICA QUE:

En desarrollo del Contrato de Fiducia Mercantil Irrevocable de Recaudo, Administración, Garantía y Pagos para el manejo de los recursos de los Planes Departamentales de Agua, Cláusula 16.14, existe un compromiso contractual del **DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER** de transferir, expresa, irrevocable, e incondicionalmente al PATRIMONIO AUTONOMO FIA, los recursos en cuantía suficiente, una vez descontado el valor de los compromisos ya celebrados, para atender el siguiente compromiso a suscribirse en desarrollo del Plan Departamental de Agua (PDA) del **DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER:**

CONCEPTO DEL GASTO	COMPONENTE EN INFRAESTRUCTURA EN AGUA Y SANEAMIENTO	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	COMUNICACIÓN DE CONCEPTO DE VIABILIDAD PARA EL PROYECTO -INTERVENTORÍA CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
FUENTE Y VALOR	NACIÓN - COLOMBIA POTENCIA MUNDIAL DE LA VIDA	$1,470,201,398.40
	TOTAL	**$1,470,201,398.40**

El presente **CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA ADQUIRIR COMPROMISOS** se expide por valor total de **UN MIL CUATROCIENTOS SETENTA MILLONES DOSCIENTOS UN MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y OCHO PESOS CON 40/100 M/CTE *** ($1,470,201,398.40),** en atención a la solicitud suscrita por el Gestor del PDA del Departamento de **NORTE DE SANTANDER**, de acuerdo con la Carta de Viabilización del Proyecto, No 2026EE0000379 del 06 de Enero de 2026, suscrita por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

El Consorcio FIA (Fiduciaria Bancolombia, Fiduciaria Bogotá y BBVA Asset Management), no asume responsabilidad alguna por la celebración y ejecución de los compromisos que se efectúen con amparo en el presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos.

El presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos se emite con base en la documentación presentada por el Gestor del PDA, la cual se presume veraz y quien ante cualquier inconsistencia en la misma, debe responder ante los organismos de control del Estado, por cualquier inexactitud o falsedad en la información que pueda ocasionar un detrimento patrimonial de los recursos del Estado o un perjuicio a la comunidad.

El presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos se expide en la ciudad de Bogotá D.C., el día 25 de Febrero de 2026.

NELCY RIVERA ALZATE
GERENTE

CARLOS ANDRÉS AMAYA OTÁLORA
DIRECTOR RELACIONAMIENTO

Elaboró: GIOVANNI PEÑA CRUZ

En el evento de presentarse el caso señalado en el numeral primero (1) del artículo 2.3.3.1.7.1. del Decreto 1077 de 2015, el Gestor del PDA deberá entregar al correspondiente Alcalde Municipal facultado para Contratar, toda la información concerniente al Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos (CDR), que necesite para adelantar la gestión de Contratación, sin que este último requiera solicitar un nuevo documento al Consorcio FIA

CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA ADQUIRIR COMPROMISOS No 20411

CONSORCIO FIA
Administrador y Vocero del Patrimonio Autónomo FIA

CERTIFICA QUE:

En desarrollo del Contrato de Fiducia Mercantil Irrevocable de Recaudo, Administración, Garantía y Pagos para el manejo de los recursos de los Planes Departamentales de Agua, Cláusula 16.14, existe un compromiso contractual del **DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER** de transferir, expresa, irrevocable, e incondicionalmente al PATRIMONIO AUTONOMO FIA, los recursos en cuantía suficiente, una vez descontado el valor de los compromisos ya celebrados, para atender el siguiente compromiso a suscribirse en desarrollo del Plan Departamental de Agua (PDA) del **DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER:**

CONCEPTO DEL GASTO	COMPONENTE EN INFRAESTRUCTURA EN AGUA Y SANEAMIENTO	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	COMUNICACIÓN DE CONCEPTO DE VIABILIDAD PARA EL PROYECTO -CAPACITACIÓN USUARIOS - CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
FUENTE Y VALOR	NACIÓN - COLOMBIA POTENCIA MUNDIAL DE LA VIDA	$190,876,000.00
	TOTAL	**$190,876,000.00**

El presente **CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA ADQUIRIR COMPROMISOS** se expide por valor total de **CIENTO NOVENTA MILLONES OCHOCIENTOS SETENTA Y SEIS MIL PESOS M/CTE *** ($190,876,000.00),** en atención a la solicitud suscrita por el Gestor del PDA del Departamento de **NORTE DE SANTANDER**, de acuerdo con la Carta de Viabilización del Proyecto, No 2026EE0000379 del 06 de Enero de 2026, suscrita por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

El Consorcio FIA (Fiduciaria Bancolombia, Fiduciaria Bogotá y BBVA Asset Management), no asume responsabilidad alguna por la celebración y ejecución de los compromisos que se efectúen con amparo en el presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos.

El presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos se emite con base en la documentación presentada por el Gestor del PDA, la cual se presume veraz y quien ante cualquier inconsistencia en la misma, debe responder ante los organismos de control del Estado, por cualquier inexactitud o falsedad en la información que pueda ocasionar un detrimento patrimonial de los recursos del Estado o un perjuicio a la comunidad.

El presente Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos se expide en la ciudad de Bogotá D.C., el día 25 de Febrero de 2026.

NELCY RIVERA ALZATE
GERENTE

CARLOS ANDRÉS AMAYA OTÁLORA
DIRECTOR RELACIONAMIENTO

Elaboró: GIOVANNI PEÑA CRUZ

En el evento de presentarse el caso señalado en el numeral primero (1) del artículo 2.3.3.1.7.1. del Decreto 1077 de 2015, el Gestor del PDA deberá entregar al correspondiente Alcalde Municipal facultado para Contratar, toda la información concerniente al Certificado de Disponibilidad de Recursos para Adquirir Compromisos (CDR), que necesite para adelantar la gestión de Contratación, sin que este último requiera solicitar un nuevo documento al Consorcio FIA

ANEXO IV

INFORME MES DE FEBRERO 2026 INTERVENTORIA PROYECTO "OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER"

INFORME DE INTERVENTORIA
MES No. 4

DEL 01 AL 24 DE FEBRERO DE 2026

CONTRATO No. MC-SAPSB-03065-2025

CONTRATISTA:
CELPA CONSTRUCCIONES SAS
901.705.735-1

OBJETO:

INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, CONTABLE, FINANCIERA Y AMBIENTAL A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

Contratista de consultoría: INGEOMAD INGENIERIA Y GEOFISICA SAS

Contrato de consultoría No. 018 de 2025

CUCUTA, NORTE DE SANTANDER

Febrero de 2026

INFORME DE INTERVENTORIA
MES No. 4

DEL 01 AL 24 DE FEBRERO DE 2026

Contenido

1. INTRODUCCION. 3
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 4
2.1. Pólizas 5
3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. 6
3.1. Localización General 6
3.2. Área de Influencia 7
4. SEGUIMIENTO TÉCNICO 7
4.1. Estudio Topográfico 7
4.2. Estudio Hidrogeológico e Hidráulico 8
4.2.1. Evaluación técnica del estudio hidrogeológico 9
4.2.2. Diagnóstico del sistema 9
4.2.3. Selección de alternativas 10
4.2.4. Estudio hidráulico 10
4.2.5. Línea de impulsión 11
4.2.6. Pozo profundo – Detalles constructivos 11
4.2.7. Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) 12
4.3. Estudio de Suelos 13
4.4. Estudio Eléctrico 14
4.4.1. Análisis de riesgos eléctricos 16
4.4.2. Análisis de riesgos por descargas atmosféricas (SIPRA) 17
4.4.3. Sistema de puesta a tierra (SPT) 18
4.4.4. Cálculo y selección de equipos 19
4.4.5. Selección de Conductores 20
4.4.6. Coordinación de Protecciones. 20
4.4.7. Curvas de coordinación para la bomba de suministro de agua potable en Tibú. 20
4.4.8. Conclusión general de cumplimiento 21
5. CONCLUSIONES GENERALES 23
6. ANEXOS. 25

INFORME DE INTERVENTORIA
MES No. 4

DEL 01 AL 24 DE FEBRERO DE 2026

1. INTRODUCCION.

El presente documento corresponde al Informe Mensual de Interventoría No. 02, para el periodo comprendido entre el 01 y el 24 de febrero de 2026, en el marco del Contrato No. MC-SAPSB-03065-2025, cuyo objeto es la interventoría técnica, administrativa, jurídica, contable, financiera y ambiental a la consultoría para la elaboración de los estudios y diseños de preinversión orientados a la optimización del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú, Norte de Santander, mediante la construcción de un pozo profundo para la captación de agua subterránea.

La interventoría es ejercida por CELPA CONSTRUCCIONES S.A.S., y tiene como finalidad realizar el seguimiento, control y verificación del cumplimiento de las obligaciones contractuales por parte de la consultoría INGEOMAD Ingeniería y Geofísica S.A.S., garantizando la calidad técnica, la coherencia metodológica y el cumplimiento de la normatividad vigente en los productos desarrollados.

Durante el periodo evaluado, la interventoría adelantó actividades de seguimiento técnico, revisión y validación de los ajustes presentados por la consultoría, con especial énfasis en el componente eléctrico del proyecto, así como en la consolidación de los ajustes derivados de mesas de trabajo técnicas previas. Estas actividades incluyeron la verificación de memorias de cálculo actualizadas, análisis de observaciones técnicas y control del cumplimiento de los requerimientos normativos aplicables.

El presente informe consolida el estado de avance de los componentes evaluados durante el periodo, las observaciones emitidas, los ajustes realizados por la consultoría y los conceptos técnicos derivados de la revisión, constituyéndose en un insumo técnico para la toma de decisiones por parte de la entidad contratante.

INFORME DE INTERVENTORIA
MES No. 4

DEL 01 AL 24 DE FEBRERO DE 2026

2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

INTERVENTORIA CELPA CONSTRUCCIONES S.A.S. Representante legal: Celeste Pabón Ortega	
Objeto: INTERVENTORIA TECNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, CONTABLE, FINANCIERA Y AMBIENTAL ALOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER.	
PLAZO INICIAL:	CUATRO (04) MESES
FECHA DE INICIO:	28 de octubre de 2025
SUSPENSION No. 1	60 días desde el 25/02/2026
FECHA DE TERMINACIÓN ACTUALIZADA:	30 de abril de 2026
PLAZO ACTUALIZADO:	CUATRO (04) MESES
VALOR INICIAL:	$ 60.541.250,00
VALOR ACTUALIZADO:	N/A
VALOR PAGADO:	N/A
NIT.	901.705.735-1

CONSULTORÍA No. 018 DE 2025 INGEOMAD Ingeniería y Geofísica S.A.S. Representante legal: Edier Mauricio Delgado	
Objeto: Consultoría para la realización de los estudios y diseños de preinversión para la optimización del acueducto urbano mediante la construcción de pozo profundo para obtención de agua subterránea en el municipio de Tibú, Norte de Santander.	
PLAZO INICIAL	DOS (02) MESES
FECHA DE INICIO:	03 de octubre de 2025
OTROSÍ MODIFICATORIO DE PRÓRROGA No. 1	Plazo adicional de 29 días
OTROSÍ MODIFICATORIO No. 02	Adición en valor de $89.540.000,00 y plazo adicional de 45 días.
OTROSÍ MODIFICATORIO No. 03	Plazo adicional de 15 días
FECHA DE TERMINACIÓN	01 de marzo de 2026

ACTUALIZADA:	
PLAZO ACTUALIZADO:	DOS (02) MESES Y 29 DIAS
VALOR INICIAL:	$ 179.811.380,00
VALOR ACTUALIZADO:	$ 269.351.380,00)
VALOR PAGADO:	N/A
NIT:	900698377-1

Entidad responsable:

- Empresas Municipales de Tibú EMTIBU E.S.P.
- Representante legal: José Iván Mazo Agudelo

Supervisor del contrato:

- Mayra Delgado Bueno
- Secretaría de Agua Potable y Saneamiento Básico
- Gobernación de Norte de Santander

2.1. Pólizas

CONTRATO DE INTERVENTORÍA					
AMPARO	**ASEGURADORA**	**No. PÓLIZA**	**VIGENTE (Fechas)**		**VALOR**
			DESDE	**HASTA**	
Cumplimiento	SEGUROS MUNDIAL	B-100069689	15/10/2025	15/08/2026	$ 6.054.125,00
Prestaciones sociales	SEGUROS MUNDIAL	B-100069689	15/10/2025	15/02/2029	$ 9.081.187,50
Calidad del servicio	SEGUROS MUNDIAL	B-100069689	15/02/2026	15/02/2031	$9.081.187,50

CONTRATO DE OBRA					
AMPARO	**ASEGURADORA**	**No. PÓLIZA**	**VIGENTE (Fechas)**		**VALOR**
			DESDE	**HASTA**	
Buen manejo del anticipo	SEGUROS DEL ESTADO S. A	11-47-101039061	03/10/2025	01/07/2026	$ 71.924.552,00

Calidad del servicio	SEGUROS DEL ESTADO S. A	11- 47-101039061	03/10/2025	01/07/2026	$ 26,935,138.00
Cumplimiento	SEGUROS DEL ESTADO S. A	11- 47-101039061	03/10/2025	01/07/2026	$ 26,935,138.00
Salarios y prestaciones sociales	SEGUROS DEL ESTADO S. A	11- 47-101039061	03/10/2025	01/07/2026	$ 26,935,138.00
RCE _ Predios labores y operaciones	SEGUROS DEL ESTADO S. A	11-54-101008640	03/10/2025	01/07/2026	$ 349,376,400.00

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

3.1. Localización General

El área de influencia del proyecto se localiza en el área urbana del municipio de Tibú, departamento de Norte de Santander, específicamente en los sectores donde se ha identificado la viabilidad para la implementación de la infraestructura asociada al proyecto, con especial énfasis en el corredor de la calle 13.

El municipio de Tibú se encuentra ubicado en la región nororiental de Colombia, en el valle del río Catatumbo, a una altitud aproximada de 75 msnm, condición que, sumada a su cercanía a zonas de transición selvática, genera un clima cálido húmedo, el cual incide directamente en las condiciones hidrológicas, geotécnicas y de disponibilidad del recurso hídrico subterráneo.

El proyecto contempla la construcción de un pozo profundo para la captación de agua subterránea, el cual estará ubicado en un predio localizado en la esquina de la calle 13 con carrera 8, dentro del área urbana del municipio.

Así mismo, el sistema proyectado incluye la conducción del agua captada hacia dos (2) Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), ubicadas en los siguientes puntos:

- PTAP 1: Predio localizado al costado norte de la calle 13, entre las carreras 8 y 9.
- PTAP 2: Predio ubicado en la intersección de la carrera 7 con calle 10A.

La disposición de estos componentes responde a criterios técnicos definidos por la consultoría, considerando aspectos de viabilidad hidráulica, condiciones del terreno, accesibilidad, integración con el sistema existente y optimización del sistema de abastecimiento.

3.2. Área de Influencia

El proyecto tiene como área de influencia directa la zona urbana del municipio de Tibú, en donde se busca mejorar las condiciones de abastecimiento de agua potable mediante la incorporación de una fuente subterránea que permita fortalecer la continuidad y calidad del servicio.

4. SEGUIMIENTO TÉCNICO

4.1. Estudio Topográfico

El componente topográfico fue remitido por el contratista de la consultoría mediante el documento denominado “Informe de Levantamiento Topográfico”, con fecha 10 de noviembre de 2025.

La interventoría realizó la revisión técnica inicial mediante el Informe de Revisión No. 1 del 24/11/2025, en el cual se consignaron las observaciones correspondientes, orientadas a la verificación de la consistencia de la información, precisión de los datos levantados, georreferenciación y cumplimiento de los requerimientos técnicos aplicables.

Posteriormente, el contratista de la consultoría atendió las observaciones formuladas y presentó la versión ajustada del estudio, incorporando las correcciones y complementaciones requeridas.

Como resultado de la verificación de la información ajustada, la interventoría constató que el levantamiento topográfico cumple con los requisitos técnicos exigidos, evidenciándose coherencia entre la metodología aplicada, el procesamiento de los datos y los productos cartográficos generados.

Así mismo, se verificó que el levantamiento fue ejecutado mediante tecnologías GNSS diferencial, RTK y captura LiDAR, adoptando el sistema de referencia oficial MAGNA-SIRGAS, garantizando la precisión y confiabilidad de la información obtenida para la fase de estudios y diseños de preinversión.

En consecuencia, y en cumplimiento de las funciones de seguimiento y control contractual, la interventoría emitió el oficio OFI-CP 05 – Aprobación del Levantamiento Topográfico, mediante el cual se formaliza la APROBACIÓN DEFINITIVA del componente, al considerarlo técnicamente viable y suficiente como insumo para el desarrollo de los diseños del proyecto.

En consecuencia, el estudio cumple con los requisitos técnicos, normativos y contractuales exigidos, constituyéndose en un insumo confiable y suficiente para la fase de estudios y diseños de preinversión del proyecto.

- **Concepto:** CUMPLE

4.2. Estudio Hidrogeológico e Hidráulico

El componente hidrogeológico e hidráulico fue remitido por el contratista de la consultoría mediante el documento denominado: “INFORME EXPLORACIÓN AGUA SUBTERRÁNEA TIBÚ NORTE DE SANTANDER”, junto con sus respectivos anexos técnicos.

La interventoría realizó la Revisión No. 1 mediante el Informe de Revisión del 24/11/2025, en el cual se consignaron las observaciones técnicas iniciales orientadas a la mejora, ajuste y complementación del componente.

Posteriormente, se adelantó la Revisión No. 2, formalizada mediante comunicación de fecha 02/02/2026, en la cual se evaluaron los ajustes realizados por la consultoría, evidenciándose deficiencias técnicas relevantes en los componentes hidráulicos y de tratamiento.

En desarrollo del seguimiento técnico, se efectuó la Revisión No. 3, mediante comunicación de fecha 12/02/2026, en la cual se verificó la atención de las observaciones previamente formuladas, evidenciándose avances significativos en el componente hidráulico.

Finalmente, durante el periodo comprendido en el presente informe, se emitió la Revisión No. 4, mediante comunicación de fecha 24/02/2026, en la cual se realizó seguimiento a los ajustes finales presentados por la consultoría.

Estas revisiones se realizaron de manera progresiva, en atención a la información remitida por

la consultoría, la cual fue presentada durante el mes de febrero, motivo por el cual la interventoría efectuó múltiples ciclos de revisión y seguimiento técnico del componente.

A la fecha del presente informe, el componente ha sido objeto de revisión continua por parte de la interventoría, encontrándose en proceso de ajuste y consolidación para su validación definitiva.

4.2.1. Evaluación técnica del estudio hidrogeológico

La interventoría ejercida por CELPA CONSTRUCCIONES S.A.S. emite concepto técnico, en el cual:

Información recibida:
Informe de estudio hidrogeológico en formato PDF (81 páginas), acompañado de anexos técnicos.

Consideraciones generales:
El documento contiene todos los aspectos relacionados con la hidrogeología necesarios para la exploración de un pozo profundo, incluyendo la caracterización del acuífero, resultados de exploración, pruebas de bombeo y análisis de disponibilidad del recurso hídrico subterráneo.

Durante las Revisiones No. 1, No. 2, No. 3 y No. 4, no se evidenciaron observaciones técnicas de fondo, manteniéndose la consistencia, claridad y calidad del documento presentado.

- **Concepto:** CUMPLE

4.2.2. Diagnóstico del sistema

Se presenta el análisis de oferta y demanda, la identificación de déficits y la justificación técnica de la necesidad del pozo profundo y la optimización del sistema de acueducto.

El diagnóstico permite establecer de manera clara las condiciones actuales del sistema, evidenciando deficiencias en la capacidad de tratamiento, almacenamiento y regulación.

Durante las **Revisiones No. 1, No. 2, No. 3 y No. 4**, la interventoría verificó que el documento cumple con los criterios técnicos y metodológicos requeridos.

- **Concepto:** CUMPLE

4.2.3. Selección de alternativas

El informe presenta la metodología de selección de alternativas de manera clara, cumpliendo con los criterios establecidos en la normativa aplicable.

Durante la Revisión No. 1 y No. 2 se identificó que el déficit de almacenamiento evidenciado en el diagnóstico no fue considerado dentro de las alternativas planteadas.

En la Revisión No. 3, la consultoría subsanó dicha observación, incorporando este aspecto dentro del análisis. Esta condición se mantiene en la Revisión No. 4.

- **Concepto:** CUMPLE

4.2.4. Estudio hidráulico

Información recibida:
Informe de diseño hidráulico en formato PDF (31 páginas).

Consideraciones generales:
El documento presenta el diseño de la línea de impulsión y los parámetros del sistema de bombeo.

Durante la **Revisión No. 1 y No. 2** se evidenciaron deficiencias técnicas que impedían su validación integral.

En la **Revisión No. 3**, se verificó la atención de la mayoría de las observaciones, evidenciándose avances significativos en el componente, tales como:

- Cálculo de la potencia de la bomba y definición de sus características técnicas.
- Definición de una única línea de impulsión con sustento técnico.
- Inclusión de modelación hidráulica conforme a normativa.
- Diseño de tuberías con análisis de golpe de ariete, presión de diseño y determinación

del RDE.
- Incorporación de diseño de anclajes y accesorios.
- Ajuste de planos con perfil piezométrico y parámetros de diseño.

En la **Revisión No. 4**, se evidenció la entrega de planos asociados a detalles constructivos del pozo profundo; no obstante, se identificó la siguiente observación:

• El plano hidráulico no contiene la identificación del profesional responsable del diseño ni el espacio para su firma.

- **Concepto:** CUMPLE PARCIALMENTE – REQUIERE AJUSTES

4.2.5. Línea de impulsión

El diseño de la línea de impulsión hace parte integral del estudio hidráulico.

Durante la **Revisión No. 1 y No. 2** se identificaron inconsistencias en su planteamiento.

En la **Revisión No. 3 y No. 4**, se verificó que dichas observaciones fueron subsanadas, presentándose una solución técnicamente soportada y coherente con el sistema proyectado.

- **Concepto:** CUMPLE

4.2.6. Pozo profundo – Detalles constructivos

Durante la **Revisión No. 1 y No. 2** se evidenció la ausencia de detalles constructivos completos del pozo profundo.

En la **Revisión No. 3**, se identificó la necesidad de complementar aspectos relacionados con el montaje de la bomba, encamisado, tubería de perforación y despieces.
En la **Revisión No. 4**, se recibió el plano hidráulico de detalles constructivos; sin embargo, este presenta la siguiente observación:

- No incluye la identificación del profesional hidráulico responsable del diseño ni el espacio para su firma.

- **Concepto:** CUMPLE PARCIALMENTE – REQUIERE AJUSTES

4.2.7. Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)

El informe presentado corresponde inicialmente a una descripción general de los procesos del sistema de tratamiento.

Durante la **Revisión No. 1 y No. 2** se evidenció que el componente no contaba con el desarrollo técnico requerido.

En la **Revisión No. 3**, se indicó que el documento correspondía a una versión preliminar, persistiendo las observaciones.

En la **Revisión No. 4**, se evidencia la entrega de información adicional, incluyendo memorias de cálculo y resultados de ensayos de calidad del agua; no obstante, persisten deficiencias técnicas:

- La documentación no incluye correctamente el objeto contractual ni la identificación del profesional responsable.
- No se presentan planos de detalle del tren de tratamiento.
- No se incluyen secciones transversales ni perfil hidráulico.

- **Concepto:** NO CUMPLE

Conclusión de interventoría

De acuerdo con el seguimiento técnico realizado y las **Revisiones No. 1, No. 2, No. 3 y No. 4**, se concluye que:

- El componente hidrogeológico cumple con los requerimientos técnicos establecidos.
- El diagnóstico del sistema y la selección de alternativas cumplen técnicamente, evidenciando coherencia con el proyecto.

- El estudio hidráulico presenta avances significativos y se encuentra en condición de cumplimiento parcial.
- La línea de impulsión cumple con los criterios técnicos exigidos.
- El componente de pozo profundo presenta avances, pero requiere ajustes finales.
- El componente de PTAP presenta avances, pero no cumple con el nivel de desarrollo técnico requerido.
- No es posible realizar una validación integral del sistema en la presente etapa

Concepto general

La interventoría ejercida por CELPA CONSTRUCCIONES S.A.S. emite **CONCEPTO TÉCNICO PARCIAL**, en el cual:

- El componente hidrogeológico, diagnóstico del sistema, selección de alternativas y línea de impulsión **CUMPLEN**.
- El estudio hidráulico y el componente de pozo profundo **CUMPLEN PARCIALMENTE – REQUIEREN AJUSTES**.
- El componente de PTAP **NO CUMPLE**.

En consecuencia, el componente queda sujeto a la entrega de los ajustes finales por parte de la consultoría, su validación por la interventoría y la posterior emisión del concepto técnico definitivo.

4.3. Estudio de Suelos

El componente de estudio de suelos y geotecnia fue remitido por el contratista de la consultoría mediante el documento denominado “INFORME ESTUDIO DE SUELOS – EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA TIBÚ NORTE DE SANTANDER”, el cual incluye la información correspondiente a la exploración del subsuelo y los ensayos de laboratorio realizados en el área de influencia del proyecto.

La interventoría realizó la revisión técnica inicial mediante el Informe de Revisión No. 1 del 24/11/2025, en el cual se consignaron observaciones e indicaciones técnicas orientadas a mejorar la calidad, claridad y sustentación del estudio, especialmente en aspectos

relacionados con la caracterización del subsuelo, identificación del nivel freático, definición de parámetros geotécnicos, análisis de capacidad portante y recomendaciones constructivas.

Posteriormente, el contratista de la consultoría atendió las observaciones formuladas y presentó la versión ajustada del estudio.

En el marco del seguimiento técnico, la interventoría efectuó una segunda revisión, cuyos resultados fueron consignados en el documento denominado “INFORME DE REVISIÓN INFORME GEOTÉCNICO – ENTREGABLE 1.0”, emitido el día 29 de enero de 2026, en el cual se verificó la atención de las observaciones previamente formuladas.

Como resultado de la verificación de la información ajustada, la interventoría constató que las observaciones fueron debidamente atendidas y subsanadas, evidenciándose que el componente cuenta con información técnica completa, consistente y debidamente sustentada.

En consecuencia, y en cumplimiento de las funciones de seguimiento y control contractual, la interventoría emitió el oficio OFI CP 06 – Aprobación del componente de suelos, mediante el cual se otorga APROBACIÓN DEFINITIVA, al verificarse el cumplimiento de los requisitos técnicos mínimos exigidos, así como la coherencia entre la exploración de campo, los ensayos de laboratorio, el análisis geotécnico y las recomendaciones de diseño.

Así mismo, se dejó constancia de que las observaciones formuladas durante el proceso de revisión fueron debidamente atendidas e incorporadas en la versión final del documento, fortaleciendo la calidad técnica del estudio y su validez como soporte para el desarrollo del proyecto.

En consecuencia, el estudio cumple con los requisitos técnicos, normativos y contractuales exigidos, constituyéndose en un insumo confiable y suficiente para la fase de estudios y diseños de preinversión del proyecto.

- **Concepto:** CUMPLE

4.4. Estudio Eléctrico

El componente eléctrico fue remitido por el contratista de la consultoría mediante documentos

asociados a las memorias de cálculo del sistema eléctrico, correspondientes a una versión en proceso de ajuste, en la cual se incorporan observaciones técnicas formuladas por la interventoría.

En el marco del proceso de interventoría del componente eléctrico, se realizó una mesa de trabajo técnica entre los especialistas eléctricos del consultor y la interventoría, con el fin de analizar y ajustar observaciones relevantes del diseño.

La mesa de trabajo se llevó a cabo el día 17 de diciembre de 2025, con la participación del Fabián Gerardo Vargas – Ingeniero Electricista (Consultor INGEOMAD INGENIERÍA Y GEOFÍSICA S.A.S.), en la cual se formularon las siguientes observaciones:

- Observación 1 – Respaldo energético en planta de acueducto:

Se indicó que, conforme a lineamientos del Ministerio, toda planta de acueducto debe contar con respaldo de energía, por lo cual se solicitó la inclusión de una planta eléctrica.

- Observación 2 – Inconsistencia en la capacidad del transformador:

Se evidenció inconsistencia entre documentos: en la memoria de cálculo (150 kVA) y en los planos (225 kVA), por lo cual se solicitó unificar criterio y definir la capacidad real del transformador.

Las observaciones anteriormente descritas fueron subsanadas por el consultor y se encuentran debidamente incorporadas y soportadas en el documento:

“Memoria de Cálculo Febrero_2026_Trafo Poste Tibú Ajustada”, en el cual se evidencian los ajustes realizados y la coherencia técnica del diseño eléctrico.

Durante el periodo comprendido entre el 01 de febrero de 2026 y el 24 de febrero de 2026, la interventoría realizó seguimiento técnico al componente eléctrico, teniendo como base la mesa de trabajo anteriormente mencionada, verificando la incorporación de los ajustes requeridos por la consultoría.

El componente tiene como alcance la definición del sistema de alimentación eléctrica requerido para la operación del pozo profundo, equipos de bombeo e infraestructura asociada, incluyendo el dimensionamiento de cargas, selección de equipos, sistemas de protección y

respaldo energético, conforme a la normativa vigente.

4.4.1. Análisis de riesgos eléctricos

El documento presenta un análisis de riesgos eléctricos conforme a las directrices del RETIE. Se identifican y evalúan los riesgos más comunes, y se proponen medidas de mitigación para cada uno.

Factores de Riesgo Identificados:

- Arcos Eléctricos
- Ausencia de Electricidad
- Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos)
- Sobrecarga en Circuitos
- Cortocircuitos
- Electricidad Estática
- Equipo Defectuoso
- Tensiones de Contacto y de Paso

Se utiliza una matriz de riesgo para clasificar la severidad y probabilidad de cada evento, concluyendo con un nivel de riesgo general "MEDIO" que requiere la implementación de controles específicos y permisos de trabajo para ciertas actividades.

RIESGO	POSIBLES CAUSAS	MEDIDAS DE PROTECCION	NIVEL DE RIESGO	RESPONSABLE
ARCO ELECTRICO	Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores.	Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta.	MEDIO	Constructor obra
AUSENCIA DE ELECTRICIDAD	Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de	Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.	NULO	Constructor obra

	emergencia, no tener transferencia.			
CONTACTO DIRECTO	Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos.	Distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección, puesta a tierra, probar ausencia de tensión.	BAJO	Constructor obra
CORTOCIRCUITO	Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, fuertes vientos, humedades.	Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.	BAJO	Constructor obra
RAYOS	Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.	Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además, suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.	BAJO	Constructor y residente de obra

4.4.2. Análisis de riesgos por descargas atmosféricas (SIPRA)

El documento realiza una evaluación de riesgo por rayos según la norma NTC 4552-2 (basada en IEC 62305). Se utiliza el software IEC Risk Assessment Calculator para determinar la necesidad de un sistema de protección externa.

Los resultados del análisis indican que el riesgo calculado para pérdida de vidas humanas, pérdida de servicios, pérdida de patrimonio y pérdida económica es inferior al riesgo tolerable. Por lo tanto, el diseño concluye que no se requiere un sistema de protección externa (pararrayos).

Resultados del análisis de riesgo por rayos, mostrando que el riesgo calculado (verde)

es menor que el tolerable (rojo).

Cumplimiento: El análisis se realiza siguiendo la metodología normativa, cumpliendo con el requisito de evaluar el riesgo por descargas atmosféricas.

4.4.3. Sistema de puesta a tierra (SPT)

El diseño del sistema de puesta a tierra se basa en la norma IEEE 80 y considera una resistividad del terreno de 60 Ω-m, que se mejorará a 6 Ω-m con tratamiento. Se calcula una malla de 5m x 5m con 4 varillas de 2.4m.

Parámetros de Diseño:

- Resistividad del suelo (tratado): 6 Ω-m
- Resistividad de la capa superficial (grava): 3000 Ω-m
- Corriente de falla monofásica (MT): 822 A (se usa el 60% para el cálculo: 493.2 A)
- Tiempo de despeje de falla: 150 ms

Resultados del Cálculo:

Parámetro	Valor permisible	Valor calculado (Real)	Cumplimiento
Tensión de contacto (ET)	1404.71V	487.13 V	Cumple
Tensión de Paso (Ep)	4720.29 V	351.39 V	Cumple
Resistencia de Puesta a Tierra (Rg)	10 Ω (para subestaciones MT)	4.87 Ω	Cumple

Conclusión del SPT: El diseño del sistema de puesta a tierra es adecuado y cumple con los requisitos de seguridad del RETIE, garantizando que las tensiones de paso y contacto en caso de falla estén por debajo de los umbrales de seguridad para las personas.

4.4.4. Cálculo y selección de equipos

Cálculo de Cargas y Transformador

- La carga principal es una bomba de 150 HP. El cálculo de la carga total es:
- Carga de la bomba (con factor de corrección): 150 HP * 0.95 = 142.5 KVA
- Carga futura (alumbrado y otros): 4.0 KVA
- Carga Total Requerida: 146.50 KVA

Basado en esta carga, se selecciona un transformador de 225 KVA, lo cual es una elección estándar y adecuada.

Observaciones y Subsanación

- **Observación 1: Respaldo energético en planta de acueducto** (Subsanada)

En el documento se incorpora dentro del análisis de riesgos la problemática por ausencia de energía y se define como medida: “Disponer de un sistema de respaldo eléctrico (planta eléctrica)”.

Adicionalmente, se complementa con sistemas de continuidad como UPS y transferencia automática.

- **Observación 2: Inconsistencia en la capacidad del transformador** (Subsanada)

En la memoria de cálculo ajustada se establece claramente:

• Carga demandada: 179 kVA
• Transformador seleccionado: 225 kVA

Se evidencia coherencia técnica, ya que el transformador seleccionado cubre la demanda con margen adecuado.

4.4.5. Selección de Conductores

El documento presenta un análisis técnico y económico para la selección de los conductores de la acometida en baja tensión.

Observación: La decisión final de usar aluminio parece basarse en el menor costo inicial. A pesar de esto, el calibre seleccionado (3x400 MCM Al) cumple con la capacidad de corriente para la protección de 600A, según la NTC 2050.

4.4.6. Coordinación de Protecciones.

Se presenta un análisis de coordinación de protecciones entre el fusible de media tensión y el interruptor principal de baja tensión.

- Protección Primaria (MT): Fusible Dual 2.1 A.
- Protección Secundaria (BT): Interruptor Legrand DPX 600A.

Ante una falla de cortocircuito de 10,416.67 A en el lado de baja tensión:

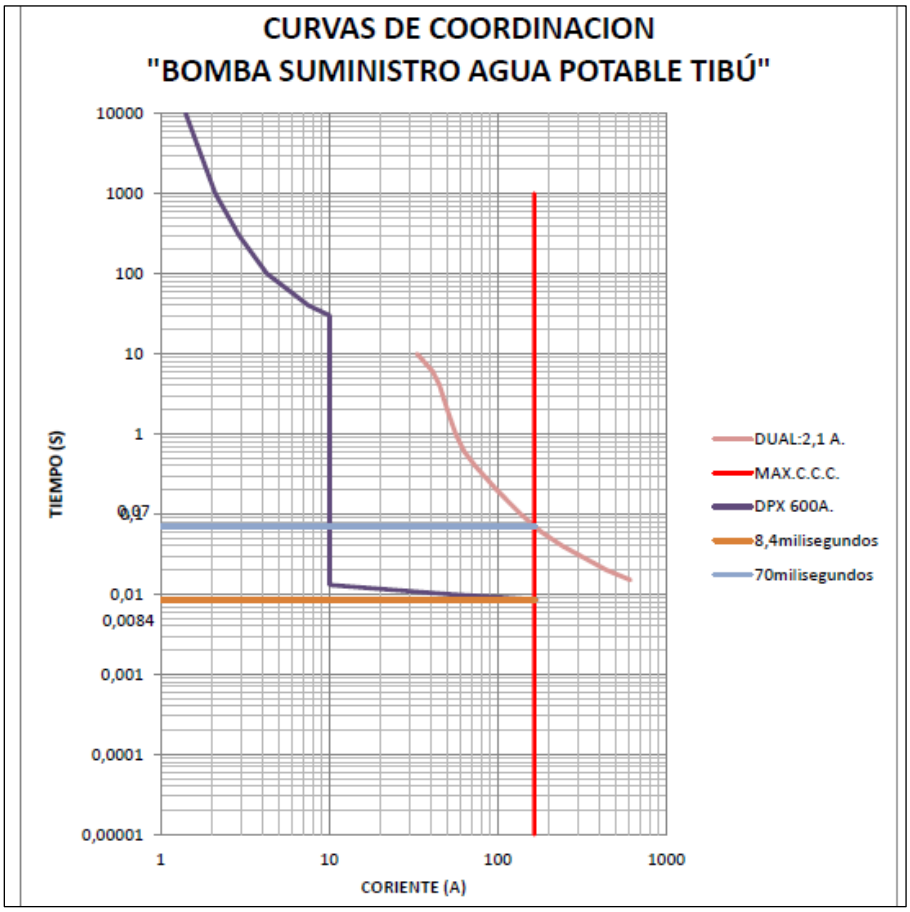
- El interruptor DPX 600A operaría en 8.4 ms.
- El fusible Dual 2.1A operaría en 70 ms.

La diferencia de tiempo (61.6 ms) es superior al mínimo de 32 ms exigido por el operador de red, asegurando una correcta coordinación. Esto significa que, ante una falla en el lado de baja tensión, solo actuará el interruptor principal, sin afectar el circuito de media tensión.

4.4.7. Curvas de coordinación para la bomba de suministro de agua potable en Tibú.

Como se observa en la gráfica el DPX de 3x600 A. opera en un tiempo de 8.4 milisegundos en caso de tener un cortocircuito, pero en caso de que no operaran dichos DPX, ya fuese porque fallo el DPX, o porque el cortocircuito es antes del DPX, entraría a operar el fusible Dual en un tiempo de 70 milisegundos que lleve el cortocircuito en el sistema. De esta manera nunca operaran al mismo tiempo las dos protecciones, y se está cumpliendo con el tiempo mínimo exigido por el operador de red (32 milisegundos) entre la operación de las protecciones de baja tensión y la protección de media tensión, ya que la diferencia de tiempo de operación mínima es de 61.6 milisegundos.

Fuente: Inf. Memorias de cálculo contratista consultor



Fuente: Inf. Memorias de cálculo contratista consultor

4.4.8. Conclusión general de cumplimiento

El documento de memoria de cálculo presenta un diseño eléctrico que, en general, cumple con los requisitos técnicos y de seguridad establecidos en la normativa colombiana, principalmente el RETIE. Se han realizado los análisis de riesgos, dimensionamiento de equipos, y cálculos de protecciones y puesta a tierra de manera adecuada

Requisito Normativo	Estado de Cumplimiento	Observaciones
Análisis de Riesgos Eléctricos	Cumple	Se realiza un análisis detallado de los riesgos eléctricos más

		comunes y se proponen medidas de mitigación.
Protección contra Rayos (SIPRA)	Cumple	Se realizó el análisis de riesgo según NTC 4552, concluyendo que no se requiere un sistema de protección externo.
Sistema de Puesta a Tierra (SPT)	Cumple	El diseño de la malla de tierra garantiza tensiones de paso y contacto por debajo de los límites permisibles y una resistencia de puesta a tierra inferior a 10 Ω.
Cálculo de Cargas y Dimensionamiento	Cumple	El transformador y los conductores están correctamente dimensionados para la carga proyectada.
Coordinación de Protecciones	Cumple	Se demuestra una correcta selectividad entre las protecciones de media y baja tensión.
Áreas Clasificadas	No Aplica	El documento indica que no existen áreas clasificadas como peligrosas en este proyecto

Una vez realizada la revisión técnica del componente eléctrico correspondiente al CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 018 DE 2025, se concluye que:

- Las memorias de cálculo presentan la metodología para la determinación de la carga eléctrica del sistema de bombeo del pozo profundo.
- Los criterios técnicos adoptados para la selección de conductores y protecciones se encuentran acordes con la normatividad vigente.
- El diseño eléctrico propuesto es técnicamente viable para garantizar la operación segura y eficiente del sistema proyectado.
- Se recomienda verificar en etapa posterior las condiciones definitivas del punto de conexión otorgado por el operador de red.
- Desde el punto de vista de interventoría, se verifica que las observaciones realizadas fueron atendidas de manera satisfactoria y técnicamente sustentada.
- Se garantiza la continuidad del servicio mediante la inclusión de respaldo energético conforme a los lineamientos del Ministerio.
- Se corrige la inconsistencia técnica del transformador, adoptando una capacidad acorde con la demanda real del sistema.

- El documento presenta coherencia entre la memoria de cálculo, los planos y los criterios de diseño adoptados.

Concepto general

La interventoría ejercida por CELPA CONSTRUCCIONES S.A.S., con base en el seguimiento técnico realizado durante el periodo comprendido entre el 01 de febrero de 2026 y el 24 de febrero de 2026, emite CONCEPTO TÉCNICO FAVORABLE CON OBSERVACIONES DE CIERRE, considerando que el componente eléctrico cumple con los requisitos técnicos establecidos en el RETIE y la normatividad vigente.

Se verificó el cumplimiento en el análisis de riesgos eléctricos, sistema de puesta a tierra, coordinación de protecciones, dimensionamiento de cargas y selección de equipos, evidenciando coherencia técnica del diseño y la subsanación de las observaciones formuladas.

En este sentido, la interventoría emitió el oficio OFICP 07 – Aprobación componente eléctrico, mediante el cual se formaliza la aprobación técnica del referido componente.

El componente queda sujeto únicamente a la consolidación final de la documentación por parte de la consultoría para su cierre formal y aprobación definitiva por la interventoría.

5. CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo con el seguimiento técnico realizado durante el periodo comprendido entre el **01 y el 24 de febrero de 2026**, se concluye que:

- El estudio topográfico se encuentra **aprobado**, al cumplir con los requisitos técnicos exigidos y constituir una base confiable para el desarrollo de los estudios y diseños del proyecto. Lo anterior conforme a lo establecido en el **Oficio OFI-CP 05 – Aprobación del Levantamiento Topográfico**, mediante el cual la interventoría formalizó la aprobación definitiva del componente.
- El estudio de suelos – exploración geotécnica fue **aprobado definitivamente**, al verificarse el cumplimiento de los requisitos técnicos, normativos y contractuales exigidos. Esta aprobación se formalizó mediante el **Oficio OFI-CP 06 – Aprobación del**

componente de suelos, como resultado de la subsanación integral de las observaciones realizadas por la interventoría.

- El componente hidrogeológico cumple técnicamente con los requerimientos establecidos, encontrándose en fase de consolidación y cierre de revisión por parte de la interventoría, previo a la emisión del concepto técnico definitivo.
- El componente hidráulico fue objeto de revisión técnica durante el periodo evaluado; no obstante, presenta observaciones puntuales relacionadas con la modelación hidráulica, la definición de parámetros de operación y el nivel de detalle de los planos, por lo cual **requiere ajustes por parte de la consultoría para su validación definitiva**.
- El diagnóstico del sistema y la selección de alternativas cumplen en términos generales con los criterios técnicos y normativos aplicables, evidenciando coherencia entre la identificación de necesidades y las soluciones planteadas.
- El componente de Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) presenta deficiencias técnicas relevantes, especialmente en lo relacionado con la definición del tren de tratamiento, el nivel de detalle de los planos y la integración con el sistema proyectado, por lo cual **requiere ajustes y complementación integral**.
- En términos generales, el proyecto presenta avances importantes en sus diferentes componentes; sin embargo, **no se encuentra en condición de aprobación integral**, debido a las observaciones pendientes en los componentes hidráulico y PTAP.
- El componente eléctrico presenta avances significativos, evidenciándose la atención de las observaciones técnicas formuladas y la incorporación de los ajustes requeridos. En este sentido, la interventoría emitió el **Oficio OFI-CP 07 – Aprobación del componente eléctrico**, mediante el cual se formaliza la aprobación técnica del referido componente, quedando sujeto únicamente a la consolidación final de la documentación para su cierre definitivo.
- Los componentes en revisión continúan sujetos a la entrega de los ajustes por parte de la consultoría, su verificación por la interventoría y la posterior emisión de los conceptos técnicos definitivos cuando aplique.
- La interventoría continuará con el seguimiento técnico, administrativo y contractual, con el fin de garantizar el cumplimiento de los alcances establecidos, la calidad de los estudios y diseños y la adecuada estructuración del proyecto para sus fases posteriores.

6. ANEXOS.

Hacen parte integral del presente informe los documentos y archivos técnicos suministrados por la consultoría:

Anexo 1. Componente hidrogeológico e hidráulico

Anexo 2. Componente eléctrico

Anexo 3. Requerimientos, observaciones y aprobaciones de interventoría

- **OFI-CP 05 –** Aprobación del Levantamiento Topográfico
- **OFI-CP 06 –** Aprobación del componente de suelos
- **OFI-CP 07 –** Aprobación del componente eléctrico
- **Informes de revisión No. 1, No. 2, No. 3 y No. 4 del componente hidrogeológico e hidráulico**

Nelsys celeste Pabón ortega
Representante Legal
Celpa construcciones sas

INFORME DE INTERVENTORIA
MES No. 4

DEL 01 AL 24 DE FEBRERO DE 2026

ANEXOS

Anexo 1. Componente hidrogeológico e hidráulico

Anexo 2. Componente eléctrico

Anexo 3. Requerimientos, observaciones y aprobaciones de interventoría

INFORME DE INTERVENTORIA
MES No. 4

DEL 01 AL 24 DE FEBRERO DE 2026

ANEXOS

Anexo 1. Componente hidrogeológico e hidráulico



INFORME ESTUDIOS Y DISEÑOS TECNICOS PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA POTABLE SUBTERRANEA PARA EL MUNICIPIO DE TIBU, NORTE DE SANTANDER.

TIBU – NORTE DE SANTANDER

INGEOMAD
INGENIERÍA, GEOFÍSICA Y MEDIO AMBIENTE

2025

Tabla de contenido

1 INTRODUCCÍON 5

1.1 GENERALIDADES 5

1.2 OBJETIVOS 6

1.3 LOCALIZACIÓN 7

2 ESTUDIO FISIOGRÁFICO, TOPOGRAFÍA Y RED DE DRENAJE DENTRO Y EN INMEDIACIONES AL CENTRO URBANO DEL MUNICIPIO. 9

3 ESTUDIO DE GEOMORFOLOGÍA, MARCO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO 10

Estudio Geomorfológico 11

Morfometría 12

Marco geológico regional 16

Hidrogeología 39

4 ESTUDIO GEOFÍSICO TOMOGRAFÍAS GEOELÉCTRICAS Y SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS. 49

5 DISEÑO MECÁNICO DE LOS POZOS A PERFORAR Y DEFINICIÓN EXACTA DE LOS SITIOS A PERFORAR Y PROFUNDIDAD DE LOS ACUÍFEROS Y DEL POZO A PERFORARSE. (DE CAPTACIÓN DE AGUA). 75

6 PUNTOS DE AGUA EXISTENTES EN EL AREA 77

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 78

Tabla de Figuras

Figura 1 - Área de estudio – Tibú-(Norte de Santander) 8
Figura 2 Curvas de nivel precisión 2m, e imagen satelital 9
Figura 3 Curvas de nivel precisión 2m, localización del centro urbano. 10
Figura 4 Geomorfología para el área de estudio del Municipio de Tibú 12
Figura 5 Morfometría para el área de estudio del Municipio de Tibú 13
Figura 6 Cálculo de pendientes para el área de estudio del Municipio de Tibú 13
Figura 7 Figura de pendientes para el área de estudio del Municipio de Tibú 14
Figura 8 Vectores de Rugosidad para el área de estudio del Municipio de Tibú 14
Figura 9 Rugosidad para el área de estudio del Municipio de Tibú 15
Figura 10 Atributo de cuenca para el área de estudio del Municipio de Tibú 16
Figura 11 Cuenca de Catatumo dentro de la Cuenca de Mracaibo (Modificado de SGC, 2015) 17
Figura 12 Columna estratigráfica generalizada para la cuenca Catatumbo Modificado de SGC, 2015. 19
Figura 13 Columna estratigráfica generalizada para la cuenca del Catatumbo 23
Figura 14 Mapa Geológico para el municipio de Tibú. 24
Figura 15 Perfil Geológico para el Municipio de Tibú 25
Figura 16 Columna estratigráfica Formación Mirador 28
Figura 17 Columna estratigráfica Formación Carbonera 30
Figura 18 Proveniencia de materiales de la Formación Carbonera (Diagrama de Dickinson, 1985) 33
Figura 19 Columna estratigráfica Formación Leon 35
Figura 20 Clasificación Textural de la Formación Leon 36
Figura 21 Hidrogeología para el área de estudio del Municipio de Tibú 41
Figura 22 Hidrogeoquímica para el área de estudio del Municipio de Tibú 42
Figura 23 Estado del Recurso Hídrico (Recarga) para el área de estudio del Municipio de Tibú 43
Figura 24 Litofacies para el área de estudio del Municipio de Tibú 44
Figura 25 Ocurrencia de aguas minerales y peloides para el área de estudio del Municipio de Tibú 45
Figura 26A- Vulnerabilidad Acuiferos para el área de estudio del Municipio de Tibú 46
Figura 27B- Estudio Acuíferos para el área de estudio del Municipio de Tibú 48
Figura 28C- Zonificación Climática - para el área de estudio del Municipio de Tibú 48
Figura 29–Inyección de Corriente (Electrodos de Corriente y Voltaje). 50
Figura 30 - Dispositivo Wenner 50
Figura 31 – Resistividad de Geomateriales 51

Figura 32 – Diseño de la adquisición de 4 Tomografías en el municipio de Tibú 52
Figura 33 – Tomografía No 1 en el municipio de Tibú 54
Figura 34 – Tomografía No 1 Interpretación Hidrogeológica en el municipio de Tibú 55
Figura 35 – Tomografía No 2 en el municipio de Tibú 56
Figura 36 – Tomografía No 2 Interpretación Hidrogeológica en el municipio de Tibú 57
Figura 37 – Tomografía No 3 en el municipio de Tibú 58
Figura 38 – Tomografía No 3 Interpretación Hidrogeológica en el municipio de Tibú 59
Figura 39 – Tomografía No 4 en el municipio de Tibú 60
Figura 40 – Tomografía No 4 Interpretación Hidrogeológiac en el municipio de Tibú 61
Figura 41 – Variaciones del campo magnético terrestre 62
Figura 42 – Diseño y coordenadas de la adquisición de 5 Sondeos Magnetotelúricos (MT). 64
Figura 43 – Procesamiento Sondeo Magnetotelúrico (S_MT01) 66
Figura 44 – Procesamiento Sondeo Magnetotelúrico (S_MT02) 67
Figura 45 – Procesamiento Sondeo Magnetotelúrico (S_MT03) 68
Figura 46 – Procesamiento Sondeo Magnetotelúrico (S_MT04) 69
Figura 47 – Procesamiento Sondeo Magnetotelúrico (S_MT05) 70
Figura 48 – Perfiles de inversión MT 2D - Tibu 71
Figura 49 – Perfil 1 - Sección de resistividades 2D (S-MT03- S-MT02- S-MT05) 72
Figura 50 – Perfil 2 - Sección de resistividades 2D (S-MT04- S-MT01- S-MT02) 73
Figura 51. Pre diseño Pozo profundo – TIBÚ (NS). 76
Figura 52. Pozo profundo – EMTIBÚ. Fuente: WSP 2016. 77

1 INTRODUCCÍON

1.1 GENERALIDADES

De acuerdo al "Contrato sucrito entre FUNDACIÓN MSI COLOMBIA, nit. 900.149.127-2 (CONTRATANTE), por una parte y por otra, INGEOMAD INGENIERIA Y GEOFISICA SAS. con NIT900.698.377-1 (CONTRATISTA)" el cual tiene por objeto la realizacion de actividades de campo y oficina correspondientes al contrato de CONSULTORIA - PROYECTO ESTUDIOS Y DISEÑOS TÉCNICOS PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA POTABLE SUBTERRÁNEA EN LAS ZONAS PRIORIZADAS Y PRUEBAS DE PRODUCCIÓN EN LA CAPTACIÓN SUPERFICIAL ACTUAL EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER, las siguientes actividades:

- Estudio fisiográfico, topografía y red hidrográfica de la zona general pertinente dentro y aledaña al casco urbano del Municipio.
- Estudio de Geomorfología y el marco geológico e hidrogeológico.
- Interpretación geológica (fotogeología) de las fotografías aereas de la zona pertinente.
- Estudio geofísico de geoeléctrica de resistividad. Incluye 4 Tomografías eléctricas y Sondeos Magnetotelúricos, buscando un buen nivel de exactitud en el análisis.
- Diseño mecánico de los pozos a perforar y definición exacta de los sitios a perforar y profundidad de los acuíferos y del pozo a perforarse. (de captación de agua)
- Diseño y pruebas de producción del esquema de captación de agua en la zona de la bocatoma que permita superar la suspensión del servicio por presencia de petroleo en el caudal del río.
- Informe final (Edición, Anexos, Conclusiones y recomendaciones).

De acuerdo a las actividades nombradas con anterioridad, a continuación se presenta el desarrollo para cada una de ellas.
El presente estudio se elaboró teniendo como base la siguiente información:

- Sección de **plancha topográfica 67** del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) – Escala 1: 100000.
- Observaciones Hidrogeológicas y Geofísicas de Campo.
- Atlas hidrogeologico de Colombia – Planchas No. 5 – 04 (Mapa de Permeabilidades, Cobertura del estado del recurso acuifero, Cobertura de unidades Hidrogeológicas).
- Plancha de Unidades Hidrogeológicas INGEOMINAS – No 5 - 04 . Escala 1: 500 000. – Año 2000.

- Plancha Geológica INGEOMINAS – No 67 . Escala 1: 100 000. – Año 1998, Versión Digital 2010.
- Mapa Regiones Hidrogeológicas de Colombia (IGAC – INGEOMINAS) – Escala 1 : 500.000.
- Interprteaciones geológicas locales y regionales levantada en el área de influencia.

1.2 OBJETIVOS

- 1.2.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Realizar actividades de Campo, procesamiento, interpretación y modelamiento para el contrato de CONSULTORIA - PROYECTO ESTUDIOS Y DISEÑOS TÉCNICOS PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA POTABLE SUBTERRÁNEA EN LAS ZONAS PRIORIZADAS Y PRUEBAS DE PRODUCCIÓN EN LA CAPTACIÓN SUPERFICIAL ACTUAL EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER con el fin de apoyar la caraterización del modelo hidrogeológico a apartir de la correlacion geofísica, geológica e hidrogeológica de la zona de estudio.

- 1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROYECTO

- Estudio fisiográfico, topografía y red hidrográfica de la zona general pertinente dentro y aledaña al casco urbano del Municipio.
- Estudio de geomorfología, marco geológico e hidrogeológico.
- Interpretación geológica (fotogeología) de las fotografías aereas de la zona pertinente.
- Estudio geofísico de geoeléctrica de resistividad. Incluye 4 Tomografías eléctricas y sondeos Magnetotelúricos en las zonas determinadas, buscando un buen nivel de exactitud en el análisis.
- Diseño mecánico de los pozos a perforar y definición exacta de los sitios a perforar y profundidad de los acuíferos y del pozo a perforarse. (de captación de agua)

- Diseño y pruebas de producción del esquema de captación de agua en la zona de la bocatoma que permita superar la suspensión del servicio por presencia de petroleo en el caudal del río.
- Informe final (Edición, Anexos, Conclusiones y recomendaciones).

1.3 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra localizada en cercanías al centro urbano del Municipio de Tibú, Norte de Santander (Figura 1), que a su vez se localiza en la Cuenca de Catatumbo, localizada en la zona noreste de Colombia, en el Departamento de Norte de Santander, en límites con Venezuela, tiene como drenajes principales los ríos Catatumbo, Socuavo, Vetas y Tibú, presenta alturas entre 1400 msnm en el suroeste, hasta los 50 msnm en las planicies aluviales hacia el límite con Venezuela, el acceso se realiza a través de dos vías secundarias, la primera el corredor vial Cúcuta – El Zulia – Campo Dos – Tibú, y la carretera Tibú – Campo Seis –Versalles – Orú – Filo Gringo – El Tarra, que permite el acceso al sector suroeste.

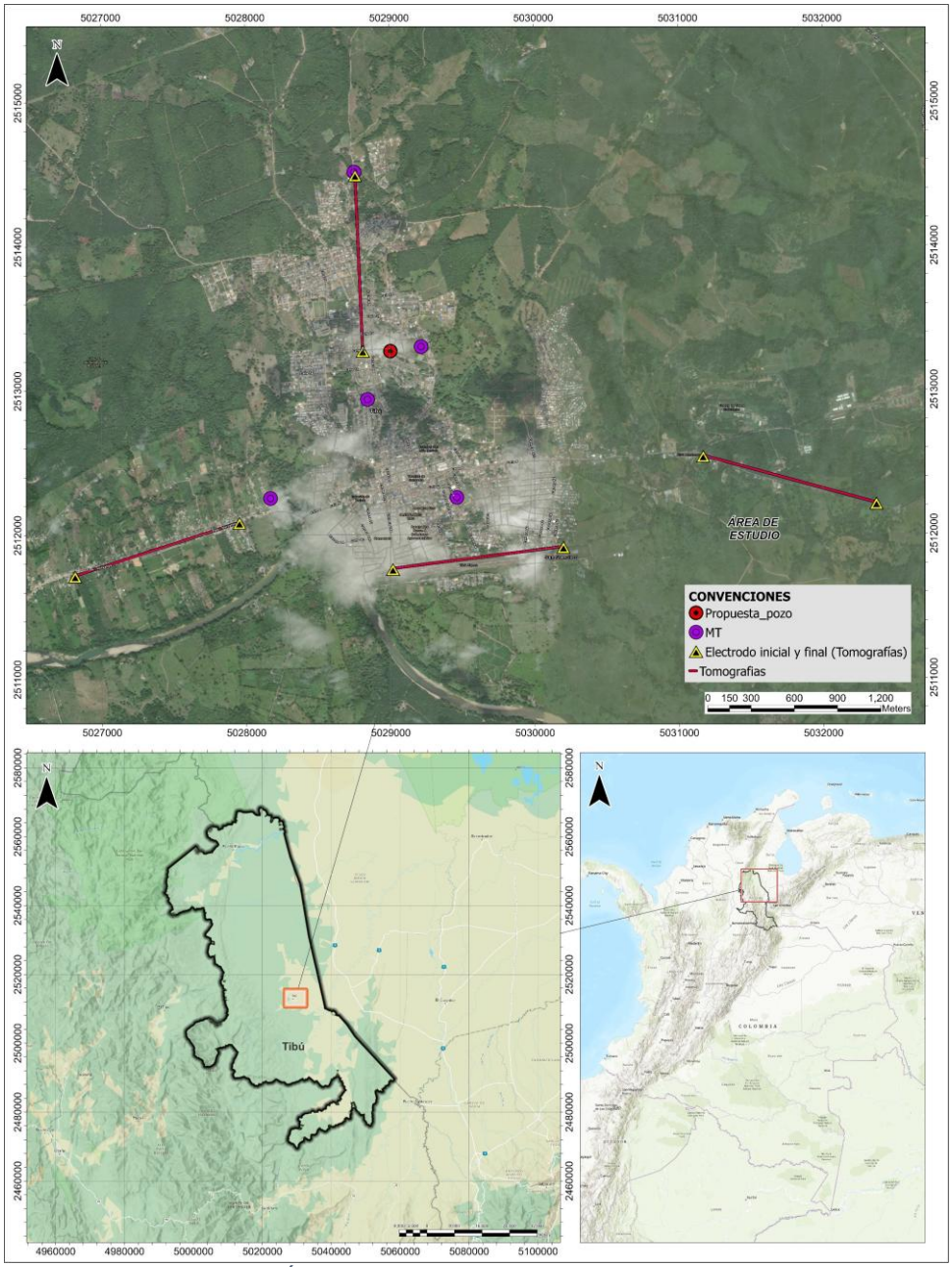


Figura 1 - Área de estudio – Tibú-(Norte de Santander)

2 ESTUDIO FISIOGRÁFICO, TOPOGRAFÍA Y RED DE DRENAJE DENTRO Y EN INMEDIACIONES AL CENTRO URBANO DEL MUNICIPIO.

Para esta actividad se realizó la actualización de la red de drenaje así como la intepretación fisiográfica de la zona utilizando curvas de nivel cada 2m (Figura 2.)



Figura 2 Curvas de nivel precisión 2m, e imagen satelital

En la Figura 3 se presenta la topografía insumo para la caracterización fisiográfica, la definición de la red de drenaje y caracterización geomorfológica, este insumo tiene como objetivo ajustar los límites geomorfológicos y litológicos del área de estudio.

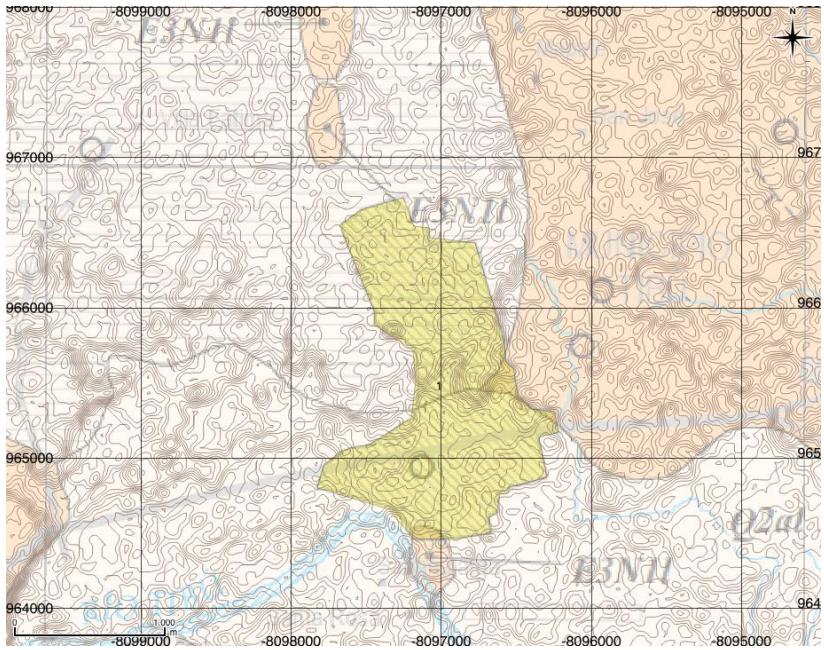


Figura 3 Curvas de nivel precisión 2m, localización del centro urbano.

3 ESTUDIO DE GEOMORFOLOGÍA, MARCO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

En esta etapa se relaciona toda la información geológica e hidrogeológica disponible, de organismos oficiales del Gobierno de Colombia (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM-; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MinAmbiente-; Servicio Geológico Colombiano -SGC-; etc.); así como trabajos y estudios científicos. En particular, de:

- Cartografía geológica.
- Mapas estructurales.
- Cortes geológicos interpretativos.
- Campañas geofísicas.
- Datos meteorológicos.
- Datos hidrogeológicos: unidades hidrogeológicas definidas, sistemas acuíferos definidos; datos piezométricos y mapas de isopiezas; información hidroquímica; parámetros hidrogeológicos -ensayos y pruebas ejecutados-; usos de aguas subterráneas; balances hidrogeológicos; etc.

- Datos geoquímicos sobre potencial de generación de aguas ácidas y calidad de aguas.

En esta caracterización se define la zona ámbito de estudio, asegurando que esta zona incluye en su totalidad la zona de influencia directa del proyecto tratando proponiendo la mejor geometría de adquisición para la campaña geofísica (Tomografías y Sondeos MT).
En esta actividad se incluye una visita de reconocimiento realizada el 7 de febrero de 2019 para desarrollar una reunión de inicio del proyecto y recopilar la máxima información posible; además de interactuar con el equipo de responsables de MSI, la campaña geofísica se llevó a cabo la última semana de abril de 2019.

Estudio Geomorfológico

La división de unidades geomorfológicas para el área de estudio – Tibú se realizó con base en la metodología propuesta por Carvajal (2011), empleando el modelo digital de terreno para complementar las observaciones hechas en el trabajo de campo para identificar las características topográficas más sobresalientes y agruparlas de acuerdo a su similitud, luego se sobrepusieron las unidades litológicas y la red de drenajes, como apoyo para definir mejor cada unidad geomorfológica. Al reunir los elementos anteriores se identificó un ambiente morfogenético: fluvial al que corresponden las unidades geomorfológicas de Terraza de acumulación (Fta), Planicie de inundación (Fpi) y un ambiente estructural al que corresponde la unidad geomorfológica pliegue sinclinal (Sps), dichas unidades se describen a continuación:

- AMBIENTE FLUVIAL

Se refiere a las unidades que reciben el aporte de material de las zonas topográficamente más altas y de los drenajes; las unidades de este ambiente se ubican en el valle del río Catatumbo y en las llanuras de la porción este del centro urbano, con amplias extensiones, en especial en este último sector donde llegan hasta los 24 km de ancho. La mayoría de los poblados se han asentado sobre este tipo de geoformas. Estas unidades han sido denominadas Terraza de acumulación (Fta), y Llanura de inundación (Fli).

- **Terraza de acumulación (Fta)**

Se encuentran a manera de ventanas en dos sectores; unas se localizan en el valle del río Tibú y las otras en la zona este del centro Urbano. Presentan relieve muy bajo, pendientes planas a suavemente inclinadas, longitud moderadamente larga a muy larga de forma recta a ondulada. Sobre una de estas unidades se localiza el municipio de Tibú. Los drenajes son de poca densidad con tendencia dendrítica y cortos.

- **Planicie de inundación (Fpi)**

Determinada como la zona de influencia de los cauces principales de la zona. Se ubican a lo largo del río Tibú. La pendiente es plana y se encuentran inundados permanentemente.

- AMBIENTE ESTRUCTURAL

Las secuencias sedimentarias que componen el área de estudio han sufrido esfuerzos compresionales que imprimieron rasgos particulares a las unidades geológicas en las que se puede diferenciar la unidad de pliegue sinclinal.

- **Pliegue Sinclinal (Sps)**

Esta unidad geomorfológica se traza de acuerdo al contorno del Sinclinal de Socuavo reconocible en fotografías aéreas e imágenes satelitales. El contraste de relieve de esta unidad no difiere mucho de la unidad circundante de la Llanura de inundación (Fli) pero se observan algunos montículos que siguen la forma del núcleo del pliegue.

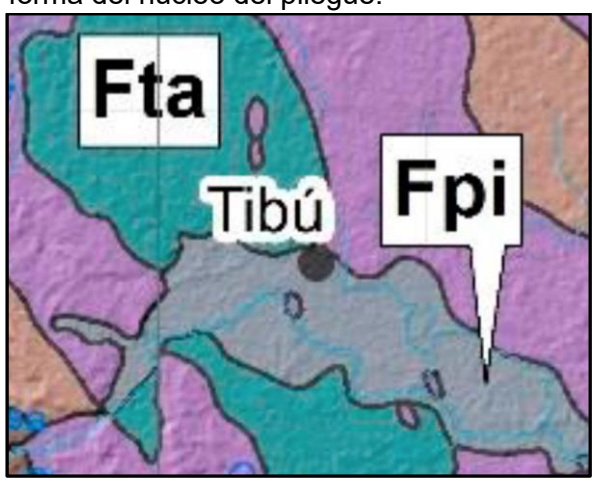


Figura 4 Geomorfología para el área de estudio del Municipio de Tibú

Morfometría

La morfometría es la rama de la geomorfología que se ocupa de los parámetros espaciales con categoría geométrica, es decir, tipología y dimensiones de las formas del terreno, así como el conjunto de procedimientos matemáticos que sirven para su catalogación (Pedraza, 1996). La morfometría cualifica y cuantifica la geometría del terreno, y su cálculo consiste en sumar algebraicamente las variables pendientes, rugosidad y acuenca (Figura 5) con los valores de ponderación establecidos por el SGC. (SGC, 2015).

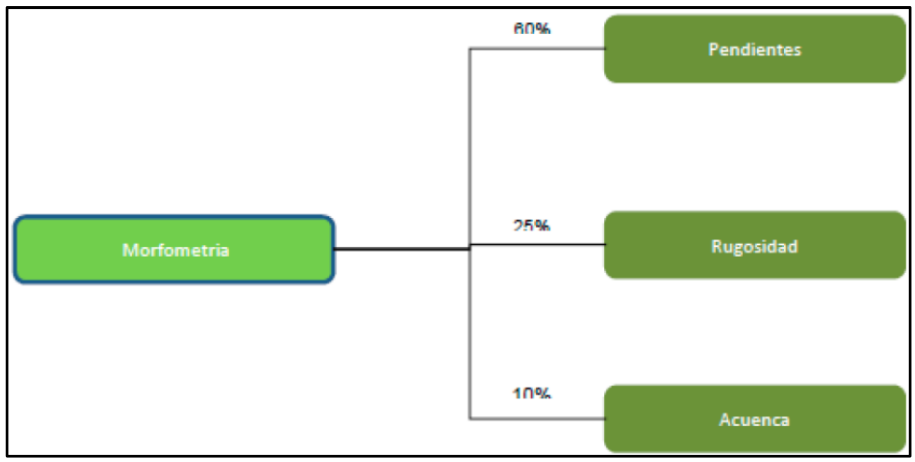


Figura 5 Morfometría para el área de estudio del Municipio de Tibú

La pendiente se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y una superficie horizontal (Figura 6). Su valor se expresa en grados de 0º a 90º o en porcentaje, y está relacionada con los movimientos de masa de manera directa; a mayor valor de la pendiente mayor la susceptibilidad del terreno a generar movimientos de masa. Este mapa se calcula directamente a partir del DEM mediante la aplicación de la función SLOPE en los SIG.

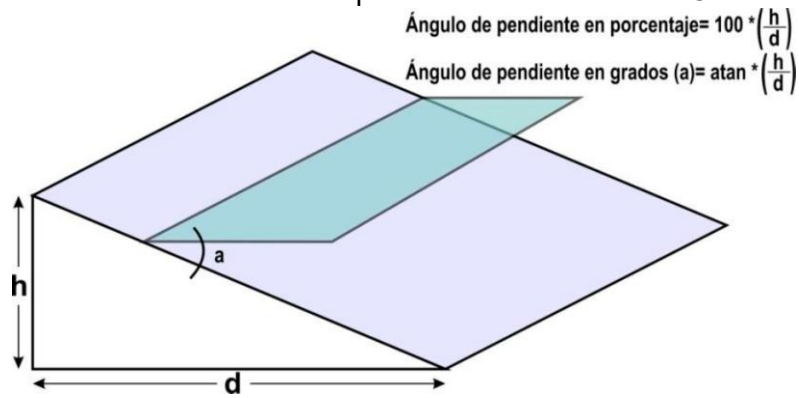


Figura 6 Cálculo de pendientes para el área de estudio del Municipio de Tibú

A partir del modelo digital de elevación del terreno –DEM- para la zona de estudio, mediante el SIG se calculó el valor de las pendientes y posteriormente se reclasificó cada rango de pendientes según la tabla entregada por el Servicio Geológico (Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000, 2012-2013), con lo cual se obtuvo el mapa de susceptibilidad del atributo de pendientes (Figura 7).

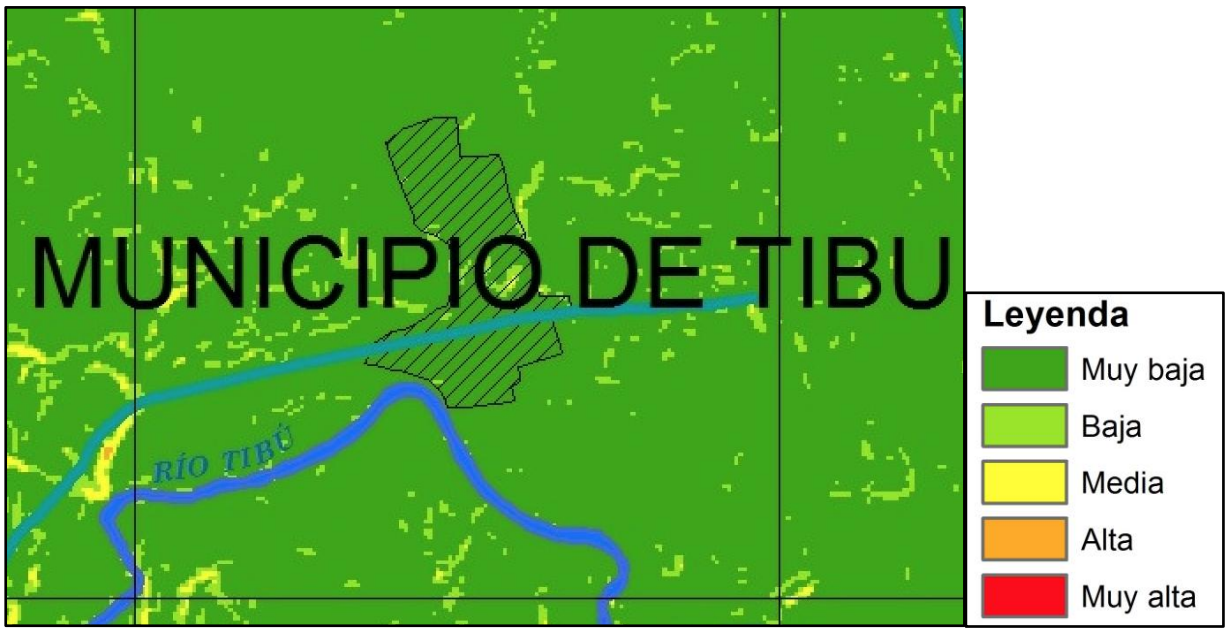


Figura 7 Figura de pendientes para el área de estudio del Municipio de Tibú

La rugosidad del terreno se define como la variación de la pendiente en un área, y representa la desviación del vector normal a la superficie en cada celda (Figura 8). El valor 1 corresponde a rugosidad nula y los valores se hacen menores al aumentar la dispersión de los vectores (alta rugosidad). La rugosidad define bien las formas, como los límites de taludes y laderas, tanto en los valles como en las crestas (Felicísimo, 1994). La relación con la hidrogeología es que las laderas de rugosidad alta favorecen una mayor infiltración del agua en el terreno.

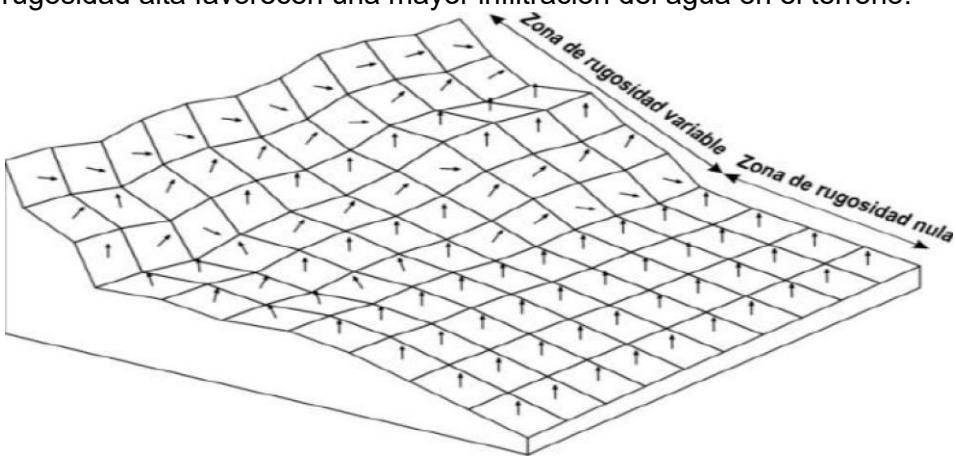


Figura 8 Vectores de Rugosidad para el área de estudio del Municipio de Tibú

El cálculo de la susceptibilidad frente al atributo rugosidad para la zona de estudio se hizo utilizando la metodología propuesta en el “Documento Metodológico de la Zonificación de

Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa" y según los rangos establecidos (INGEOMINAS, 2012-2013).

Los resultados obtenidos y mostrados en la Figura 9, nuevamente evidencian las variaciones en las pendientes sobre la zona de estudio, se evidencian allí pendientes bajas a muy bajas.



Figura 9 Rugosidad para el área de estudio del Municipio de Tibú

El atributo acuenca hace referencia a la superficie de la cuenca, aguas arriba de un punto determinado, al cual llega el flujo de agua acumulado. La variable se deriva del DTM y se expresa en metros cuadrados (m2), El área de la cuenca se relaciona con la cantidad de agua que es capaz de recoger e infiltrarse en el terreno; en este sentido, a mayor superficie, más agua infiltrada y más posibilidades de desarrollar inestabilidad en el terreno (Neuland, 1976). Tomando como referencia factores como la evaluación de las direcciones de flujo en favor de la pendiente, las acumulaciones en las vertientes y el área mínima de análisis, se estableció el atributo Acuenca, a partir de la utilización del SIG, para posteriormente hacer la clasificación según las categorías de los rangos calificados según el grado de susceptibilidad Figura 10.

Los resultados obtenidos se muestran en el mapa de susceptibilidad frente al atributo Acuenca (Figura 10), donde es posible identificar claramente las divisorias de aguas, y las demás zonas de acuerdo a su categoría de clasificación.

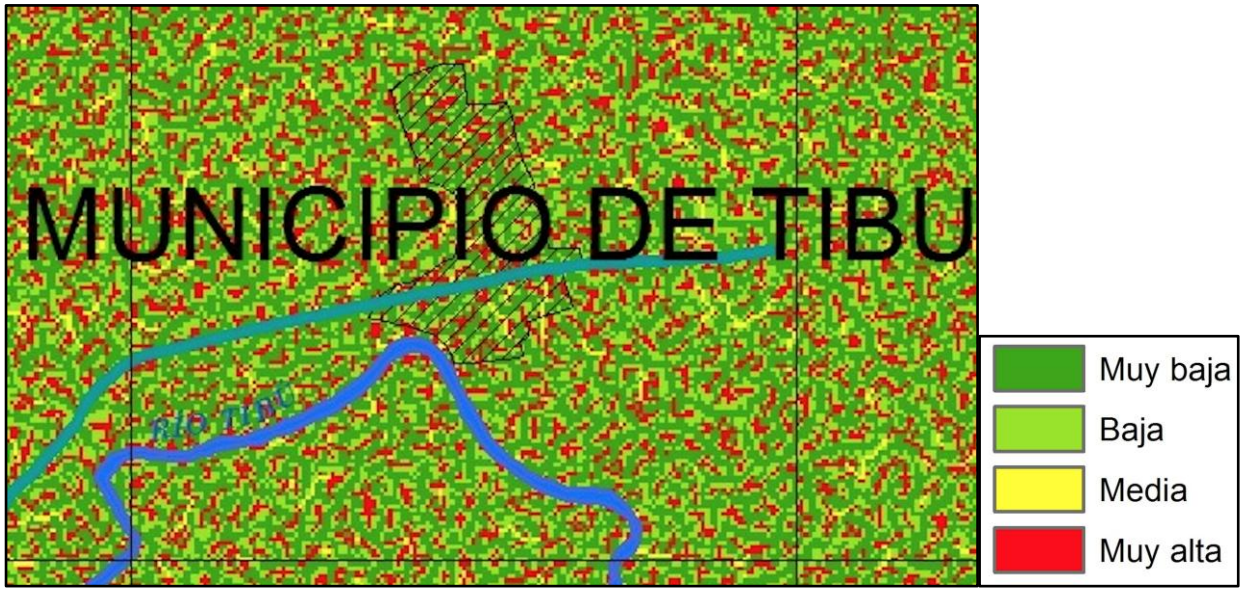


Figura 10 Atributo de cuenca para el área de estudio del Municipio de Tibú

En la zona de estudio predomina la calificación a la susceptibilidad por el atributo Acuenca en las categorías Baja a Muy Baja, identificadas de manera inicial sobre la gran cantidad de divisorias, las cuales representan zonas estables.

Marco geológico regional

El Municipio de Tibú se encuentra localizado en la plancha 67, la cual se ubica en la Cuenca de Catatumbo (Figura 11) la cual forma parte de la Cuenca de Maracaibo (República Bolivariana de Venezuela). En esta cuenca afloran unidades de origen metamórfico, ígneo y sedimentario; la nomenclatura utilizada para describir las unidades geológicas sedimentarias se ha estructurado con base en el desarrollo de proyectos de exploración y explotación de petróleo, llevados a cabo en Colombia y en Venezuela a comienzos y mediados del Siglo XX, por parte del SGC, Ecopetrol, ANH y compañías privadas.

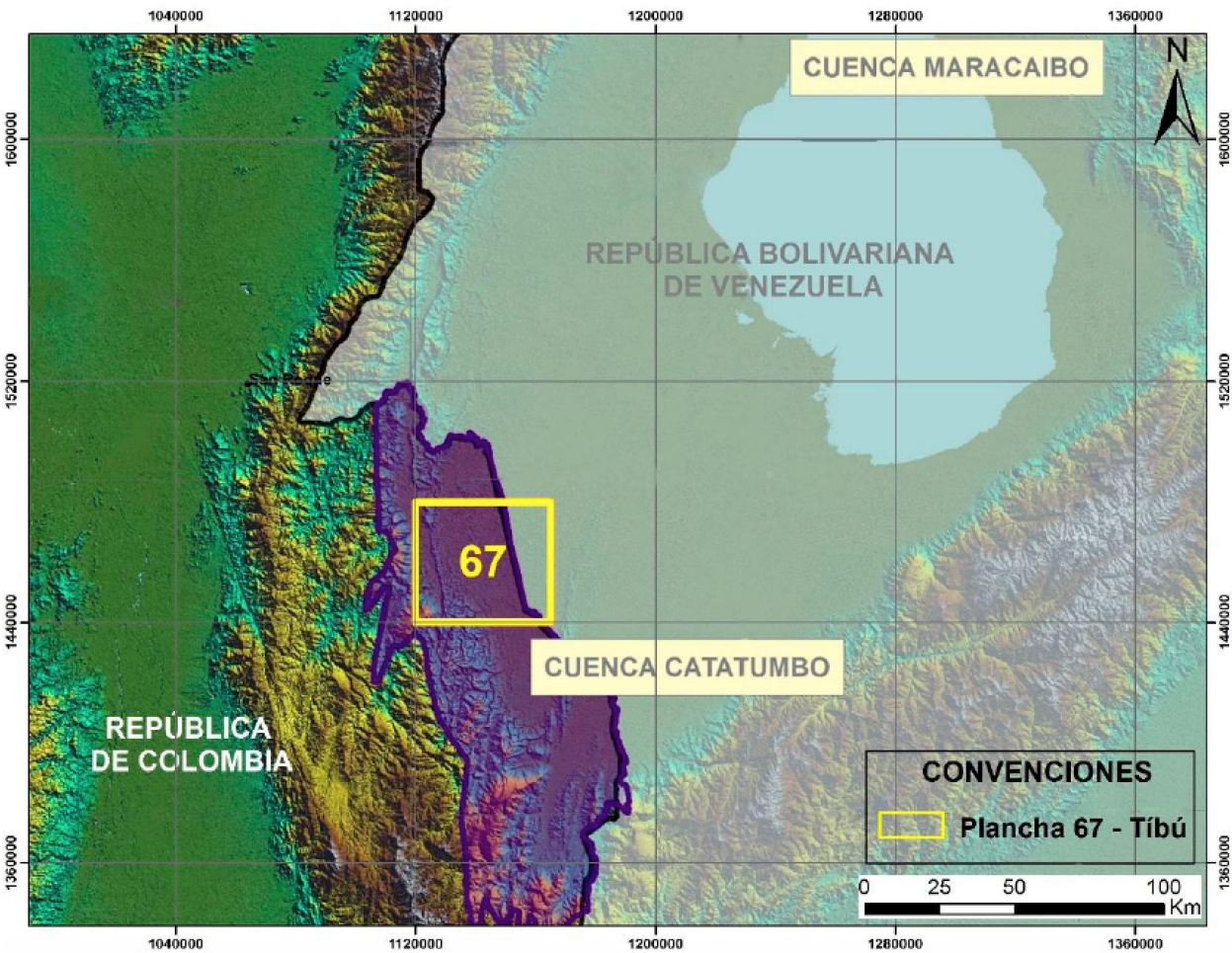


Figura 11 Cuenca de Catatumo dentro de la Cuenca de Mracaibo (Modificado de SGC, 2015)

En la Figura 12 se relacionan las unidades litológicas presentes en la Cuenca de Catatumbo, el área de estudio se localiza en la parte superior de la columna en la denominada Formación León.

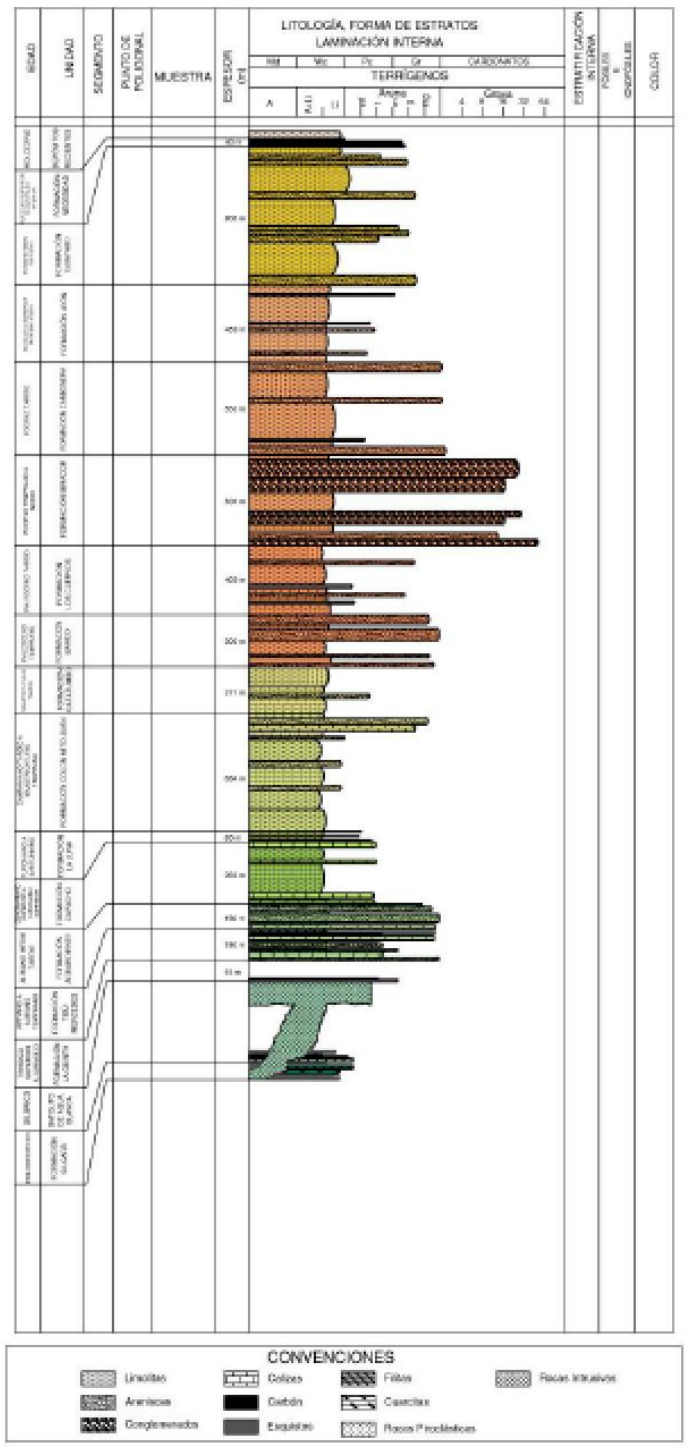

EDAD
UNIDAD
SEDIMENTO
PUNTO DE POLICROMAL
MUESTRA
ESPESOR (m)
LITOLOGÍA, FORMA DE ESTRATOS
LAMINACIÓN INTERNA
TERRÍGENOS
Arenas
Gravas
ESTRATIFICACIÓN INTERNA
FOSILES E ICNOFOSILES
COLOR
CONVENCIONES
Limolitas
Arenizcas
Conglomerados
Calizas
Dolomitas
Evaporitas
Fititas
Capacitas
Rocas Piroclásticas
Rocas Intrusivas

Figura 12 Columna estratigráfica generalizada para la cuenca Catatumbo Modificado de SGC, 2015.

De acuerdo con Rangel y Hernández (2007), la historia tectónica - sedimentaria y térmica de la cuenca (subcuenca) de Catatumbo está ligada al desarrollo de la cuenca de Maracaibo, y en general a la evolución de la parte norte de América del Sur, y puede resumirse en cuatro eventos principales: etapa de extensión de tipo *rift*, etapa de margen pasivo, etapa de transición hacia cuenca de antepaís y una etapa de cuenca de antepaís (Alfonso y Mondragón, 2000). Una primera fase tectónica extensional (triásico Jurásica), se destaca que el basamento cratónico de la cuenca Catatumbo, expuesto en el núcleo de las cordilleras andinas, que circundan la cuenca, está constituido por rocas ígneas y metamórficas de edad Precámbrico - Paleozoico. Diferentes autores coinciden en que este complejo de basamento fue involucrado durante la ruptura de Pangea y la separación de América del Norte y América del Sur, en una fase extensional ocurrida durante el Triásico – Jurásico. Esta fase extensional dio como resultado un complejo de cuencas extensionales (*rifts*) con vulcanismo asociado, controlado por fallas normales, a lo largo de la margen del Atlántico, Golfo de México y norte de Suramérica (Pindell, J., 1985; Bartok, 1993; Pindell y otros, 1988). En las áreas aledañas a la cuenca, el basamento de edad Precámbrico - Paleozoico infrayace capas rojas de edad Jurásico, localmente asociadas con vulcanitas y plutones granitoides de edad Mesozoico. Esta megasecuencia del Triásico - Jurásico comprende las formaciones Girón, La Quinta y equivalentes, que constituyen el basamento.

Posterior a la fase expansiva jurásica, se da una fase de margen pasiva de edad Aptiano – Campaniano temprano (Cretácico) se evidencia un período de subsidencia térmica que permitió que la margen occidental de Suramérica se convirtiera en una plataforma poco profunda, que fue cubierta por sucesivos avances marinos durante el período Cretáceo, cuya influencia es reconocida desde el oeste de Venezuela hasta el Perú (Macellari, 1988). Hacia el final del Cretáceo, la colisión de la placa del Pacífico, contra la margen occidental de la Placa Sudamericana, transformó la margen pasiva, en un cinturón orogénico activo que dio lugar al desarrollo de un sistema deposicional de antepaís (Parnaud, Gou, Pascal, Capella, Truskowski, & Passalacqua, 1995; Pindell y otros, 1998).

Las rocas depositadas durante estos eventos están ampliamente expuestas a lo largo de los Andes, con una tendencia de deposición NE/SW, que coincide con la distribución de los depocentros de edad Jurásico, los cuales fueron preservados en las cuencas subandinas. Hacia el final del Cretácico Temprano, fueron depositadas las Lutitas, Arcillolitas, Calizas y Arenitas de las formaciones Tibú, Mercedes y Aguardiente. Éstas representan las principales rocas almacenadoras de HC de la cuenca.

Una tercera fase de evolución tectónica es marcada por la colisión de la placa pacífica y la margen occidental de la placa Suramericana a finales del Cretácico. Este evento, transformó la antigua margen pasiva en un activo cordón orogénico, generando un sistema antepaís (*foreland*) con su piedemonte (*foredeep*) asociado al oeste del área de Perijá y su correspondiente alto periférico (*peripheral forebulge*) en el área de Barinas (Parnaud et

al.,1995; Pindell et al., 1998). El cierre del margen pasivo durante finales del Cretácico y comienzos del Paleoceno, fue progresivo, de oeste a este, lo cual permitió la existencia de la margen pasiva en el noreste, hasta finales del Paleoceno, se depositaron las formaciones Capacho y La Luna en un ambiente anóxico marino. Estas rocas constituyen las principales rocas generadoras de HC de la cuenca. Esta fase fue dominada por la progradación de las secuencias Colón – Mito Juan, que suprayacen la Formación La Luna, desde el sureste hacia el noreste de la cuenca. La etapa de antepaís está representada por rocas de origen deltaico y marino somero de las formaciones Barco y Los Cuervos. Algunos intervalos de la Formación Los Cuervos se postulan como rocas generadoras de HC secundarias.

Finalmente la colisión oblicua y deformación transcurrente de la placa Caribe y del Arco de Panamá a lo largo del margen pasivo del norte de Suramérica, provoca una última fase denominada fase de cuenca antepais (*foreland*) durante el Cenozoico (Paleoceno tardío – Mioceno Tardío), esta generó varios eventos tectónicos a escala regional como la reactivación de antiguas estructuras durante la colisión y deformación transcurrente del Cenozoico, el levantamiento de las cordilleras Andinas, Serranía de Perijá, Macizo de Santander y Andes de Mérida, la separación de la cuenca de Maracaibo - Catatumbo de Barinas- Apure. El registro sedimentario de la fase de antepaís fue dominado por subsidencia flexural y caracterizado por un conjunto de ciclos transgresivos y regresivos, limitados por mayores inconformidades generalmente bien reflejados en la sísmica. Al inicio de esta fase, de acuerdo con Parnaud y otros (1995), durante el Paleoceno Tardío – Eoceno Temprano, con dominios sedimentarios bien diferenciados, hacia el sector suroeste del Lago de Maracaibo persiste la sedimentación continental incluyendo la Formación Mirador y las Arenitas de la Formación Misoa. Un dominio de plataforma interna a zona de costa en la parte central de la cuenca de Maracaibo, reflejado en las Arenitas y Arcillolitas de la Formación Misoa, y el tercer dominio de sedimentación, en el norte, representado por Lutitas marinas, profundas y Turbiditas de la Formación Trujillo.

Durante esta fase, ocurrió un evento mayor, caracterizado por el desarrollo de varios episodios deposicionales que incluyen depósitos marinos poco profundos, fluviales y lacustres, producto de la rápida erosión y sedimentación de las jóvenes cadenas montañosas andinas. Estos sedimentos constituyen el relleno sedimentario más reciente de la cuenca intramontana de Maracaibo - Catatumbo. Estos episodios de sedimentación incluyen los depósitos fluviales y deltaicos de la Formación Carbonera, hacia el sur y oeste, y los sedimentos de la Formación León, producto de una amplia inundación marina durante el Oligoceno - Mioceno Temprano. El rápido levantamiento de las cordilleras andinas dio como resultado el desarrollo de una gruesa molasa continental hacia los márgenes de los orógenos, representados por las formaciones Guayabo, Necesidad y Betijoque, en el norte. En tanto que la sedimentación marina persistió en el área del Lago de Maracaibo, la cual cambia gradualmente a un dominio de ambiente parálico y de pantano hacia el norte (Formación La Puerta y Los Ranchos). Los depósitos

molásicos son de una amplia distribución, gran espesor y reflejan una rápida subsidencia a lo largo de los frentes orogénicos.

Un resumen de estas fases tectónicas se relaciona en la Tabla 1, donde se asocian a la litología (ambiente de depositación) y tiempo geológico.

Tabla 1 Eventos tectónicos ocurridos en la cuenca de Catatumbo, en el marco de la caracterización geológica de Tibú

EventoTectónico	Tiempo Geológico	Registro Sedimentario Asociado
Desarrollo de Cuenca de Antepaís	Plioceno – Eoceno tardío	Formaciones Carbonera, León y Guayabo
Fase de Transición (Margen Pasiva – Antepaís)	Paleoceno – Campaniano tardío	Formaciones Catatumbo Barco Los Cuervos
		Formaciones Colón y Mito Juan
Fase de Margen Pasiva	Campaniano temprano - Aptiano	Formaciones Capacho y La Luna
		Grupo Uribante
		Representado en zonas aledañas por la Formación Río Negro
Fase de Téctónica Extensional (rift)	¿Cretáceo Temprano ?/Jurásico - Triásico	Representado en las zonas aledañas a la cuenca Catatumbo por las formaciones Girón, La Quinta y equivalentes

Fuente: (ANH, 2012)

El resumen estratigráfico que se presenta a continuación ha sido extraído, en gran parte, del trabajo la ANH (2012) y de Alfonso, C. A., and J. C. Mondragón, (2000), “Nuevos Conceptos exploratorios en la Cuenca de Catatumbo, Colombia”: VII Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, Caracas. Igualmente, del trabajo de *Yurewicz D. A., Advocate D. M., Lo H. B. and Hernández E. A., 1998. Source Rocks and Oil Families, Southwest Maracaibo Basin (Catatumbo Subbasin), Colombia.* La secuencia sedimentaria de la cuenca Catatumbo está representada por rocas del Mesozoico y Cenozoico, que van desde el Cretáceo

Inferior hasta el Plioceno – Pleistoceno. Esta secuencia sobrepasa los 15.000 pies, y yace sobre rocas ígneas y metamórficas que constituyen el basamento cristalino.

El enfoque geológico que se pretende relacionar en este estudio está enfocado a la caracterización hidrogeológica del municipio de Tibú.

Vamos a relacionar de más antiguo a más joven rocas del Precámbrico hasta los depósitos de edad Cuaternario, en este sentido, reconocemos un basamento compuesto por Rocas ígneas y metamórficas, similares a las presentes en el Macizo de Santander, Serranía de Perijá o Serranía de Los Motilones y Andes de Mérida conforman el basamento. Las rocas ígneas corresponden a granodioritas y dioritas; mientras que, las metamórficas consisten predominantemente de gneises y esquistos, cuyas edades van desde Precámbrico al Triásico (Notestein y otros, 1944). Son varios los pozos exploratorios y de desarrollo que han alcanzado Basamento. Es importante resaltar que en el campo Río de Oro, este Intervalo, es productor.

En el estudio adelantado por Yurewicz, D. A. y otros (1993), se menciona que las rocas más antiguas, no afectadas por metamorfismo en la cuenca Catatumbo son triásicas – jurásicas, representadas por la Formación Girón, la cual está conformada por Arenitas rojas, Lutitas y rocas volcánicas, que yacen sobre el basamento. De otra parte, Pedraza y Ramírez (2011), infieren que el relleno sedimentario del rift *reactivado* del Triásico y activo del Jurásico corresponde a la Formación La Quinta, que fue depositada en áreas cercanas a la cuenca Catatumbo en lo que es actualmente el macizo de Santander, y en los Andes de Mérida, la cual, igualmente, está compuesta de Arenitas, Lutitas y vulcanitas derivadas de la erosión de bloques metamórficos fracturados del Paleozoico. De otra parte, de acuerdo con Mondragón (2002), ningún pozo perforado en los límites de la cuenca ha alcanzado rocas más antiguas que el Cretáceo Temprano (Aptiano), y que, con base en las historias de pozo y la geología de superficie, las rocas del Aptiano - Albiano (Grupo Uribante) reposan directamente sobre basamento ígneo-metamórfico.

En otras publicaciones de la Cuenca del Catatumbo (ANH, 2012), presentan una columna estratigráfica generalizada para la Cuenca del Catatumbo, la Figura 13, se presenta la columna estratigráfica generalizada para la cuenca del Catatumbo (ANH, 2012), en términos de hidrogeología se centra el interés sobre rocas con flujo intergranular, asociadas a arenas o gravas, en superficie el predominio es rocas de textura muy fina asociada a Arcillolitas, pero sobresalen las Formaciones Guayabo, Carbonera y Mirador.

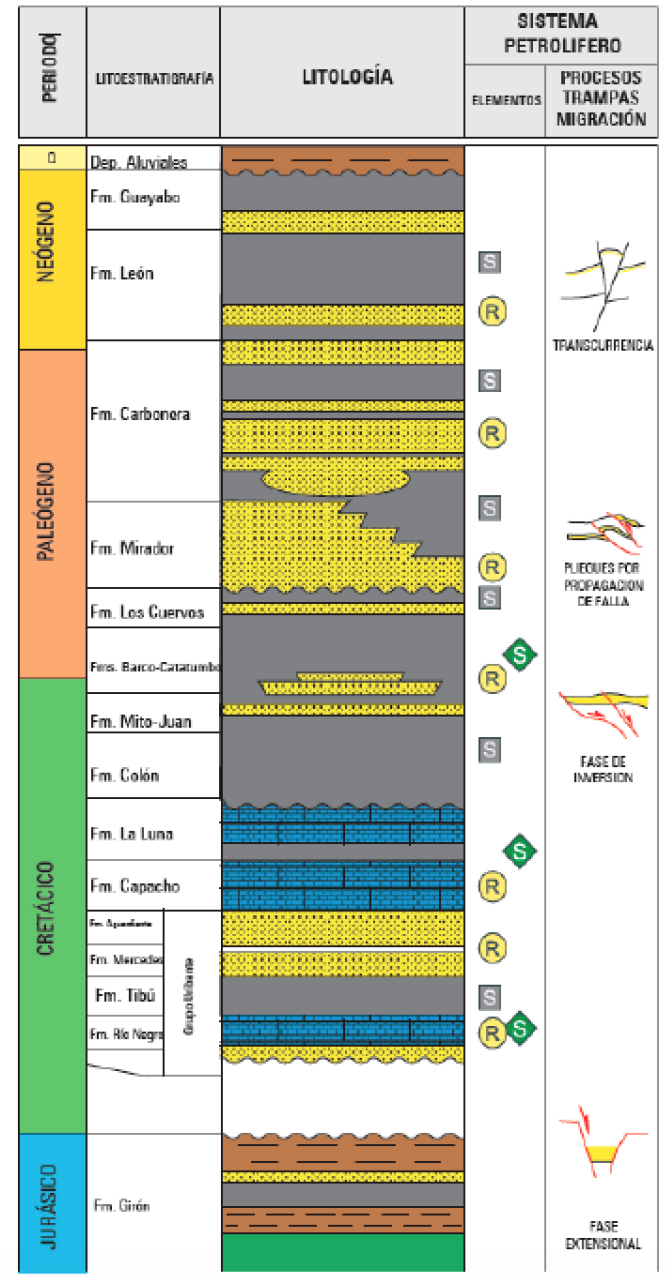


Figura 13 Columna estratigráfica generalizada para la cuenca del Catatumbo
Fuente: (ANH, 2012)

Interpretación geológica (fotogeología) de las fotografías aereas de la zona pertinente (geología local).

Para esta actividad se analizaron y fotointerpretaron fotografías aéreas del IGAC y sensores remotos disponibles, utilizando técnicas de estereoscopía, enfocada a contrastar rasgos geomorfológicos de morfogénesis, morfometría, y morfodinámica, adicionalmente se ajustaron los contactos o límites geológicos con el objetivo de diseñar una geometría óptima para la adquisición de datos geofísicos.

Luego de realizar la fotointerpretación mediante imágenes satelitales, curvas de nivel y red de drenaje podemos presentar la versión mapa geológico, se presentan las unidades cronoestratigráficas acudiendo a la mejor correlación de facies litológicas y su relación con la hidrogeología.

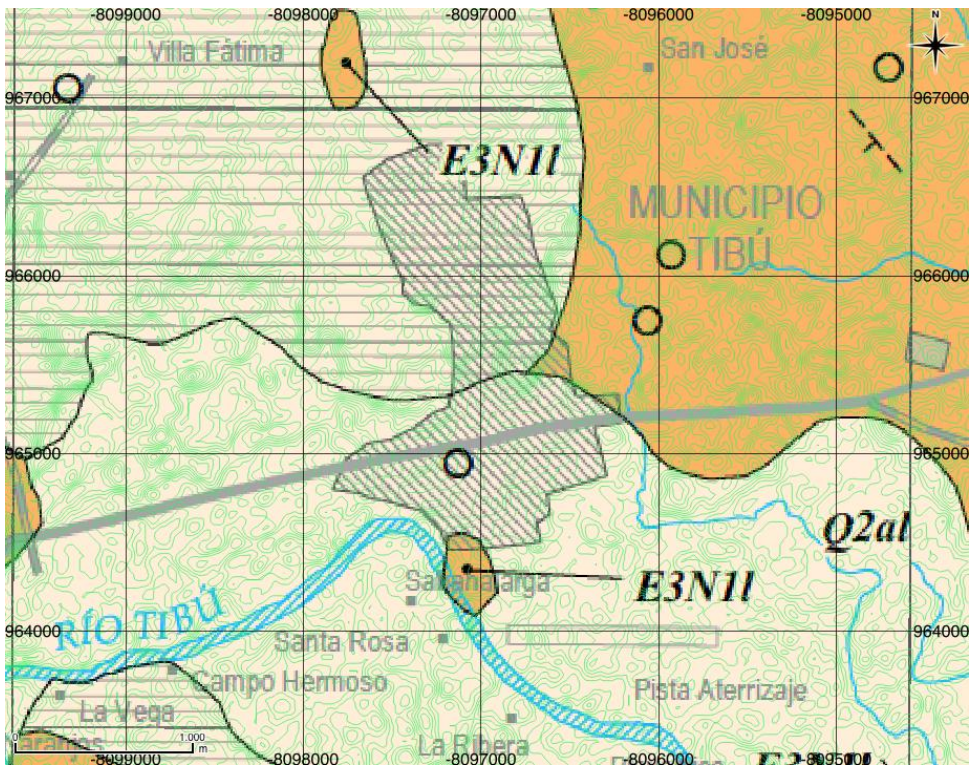


Figura 14 Mapa Geológico para el municipio de Tibú.

Este mapa preliminar es el resultado del ajuste litológico mediante fotografías aéreas e imágenes satelitales, se logran distinguir planos estructurales al oriente del centro urbano, estos planos conforman el flanco occidental del anticlinal de Tibú, que adicionalmente conforman el flanco oriental del sinclinal de Socuavó.

Se observan litologías asociadas a las Formaciones E2m (Formación Mirador) E2E3c (Formación Carbonera), E3N1l (Formación León), Q2aa (Depósitos aluviales antiguos) y Q2al (Depósitos aluviales).

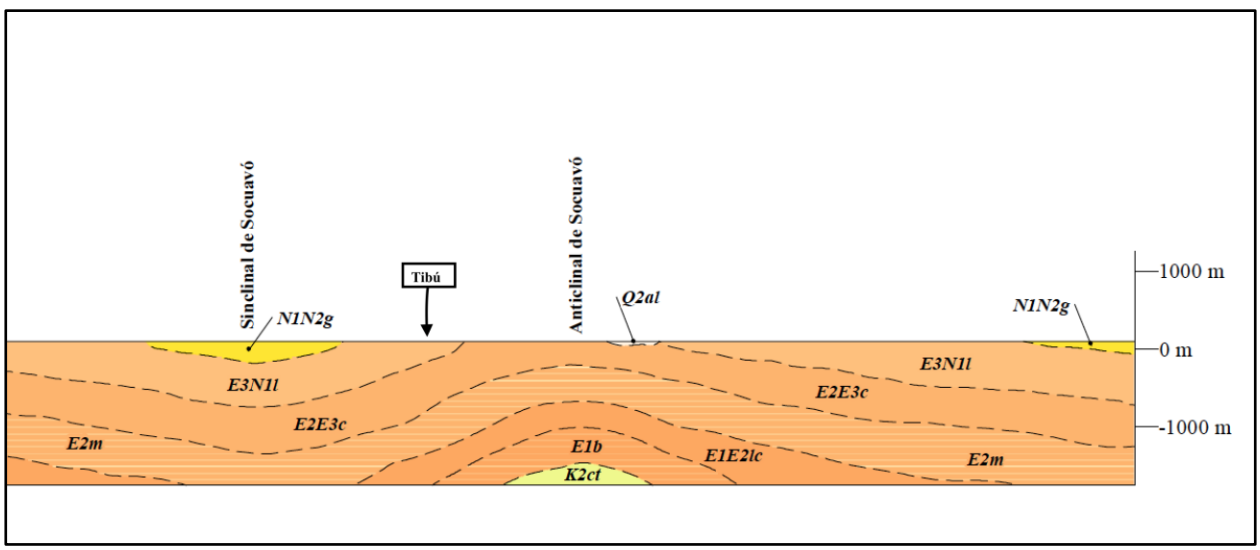


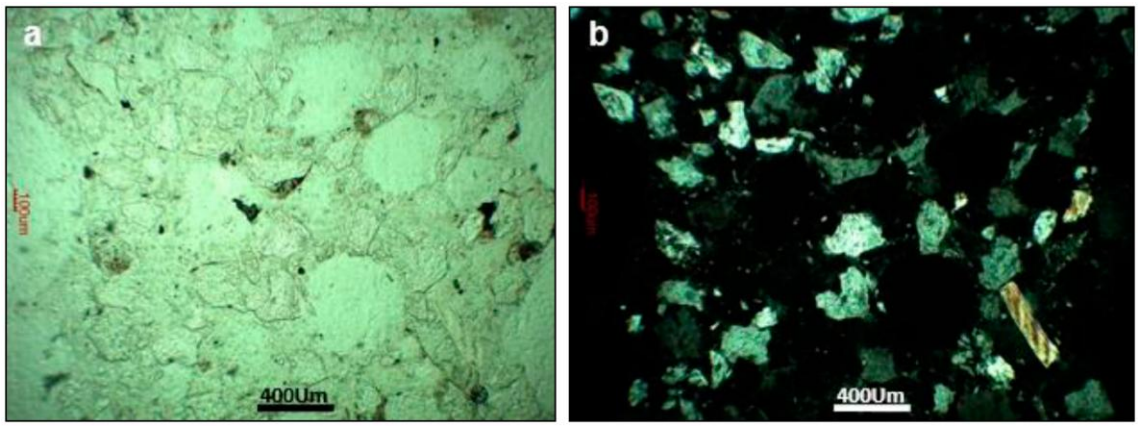
Figura 15 Perfil Geológico para el Municipio de Tibú

- Formación Mirador (E2m)

El nombre proviene del cerro Mirador, Distrito de Colón, en Venezuela. El autor de la unidad es desconocido, aunque según De Porta (1974), fue De Loys en 1918 (en un informe privado) quien la definió. La primera publicación la hizo Garner en 1926 siendo redefinida e introducida en Colombia por Notestein *et al*. (1944).
Geomorfológicamente se caracteriza por un relieve escarpado, con tendencia a formar cuchillas elongadas en el sentido del rumbo (N–S); contrastando por su mayor resistencia a la meteorización y erosión con respecto a las formaciones Los Cuervos en la base y Carbonera en el techo. En el área de estudio no aflora esta formación sin embargo constituye una importante unidad hidrogeológica dadas sus características de porosidad y permeabilidad.

En la sección tipo está definida como una secuencia compuesta de Arenitas de grano fino a grueso, en parte conglomeráticas, de color pardo claro a blanco. Contienen algunas capas de Lutita micácea de color gris y gris-parduzco.

Las Arenitas de la parte inferior de la formación suelen estar generalmente dispuestas en capas más delgadas que las de la parte superior. Según Vander Hammen (1958), lentes o mantos de carbón se encuentran repartidos por toda la secuencia.
La Formación Mirador, se encuentra constituida principalmente por Arenitcas con intercalaciones locales de Lodolitas. Las Arenitas son de grano fino y medio en menor proporción, de composición predominantemente cuarzosa a sublítica; su resistencia es baja y son friables, en especial hacia el techo de la formación. Los granos son subredondeados y subesféricos, con buena selección y matriz lodosa (<10%).
La coloración es clara, naranja amarillento pálido, naranja amarillento muy pálido, y gris claro; ocasionalmente naranja amarillento oscuro y marrón claro debido a la presencia de óxidos de hierro como cemento.
En la vía Tibú–Versalles se observan buenos afloramientos de estas Arenitas, donde la disposición de la estratificación tiene un rumbo entre N–S y N10°E, con buzamientos desde subhorizontales hasta mayores a 35° al E. Algunas disposiciones estructurales diferentes al tren regional, parecen reflejar una rotación relativa entre bloques, asociada a fallas locales.
Los afloramientos de las Lodolitas de esta formación son escasos; en algunas estaciones se observaron intercalaciones de capas medias de Lodolitas y Arcillolitas laminadas de color gris marrón claro con pátinas de óxidos de hierro.
Las Arenitas de la Formación Mirador son rocas maduras, de grano arena fina a media y ocasionalmente gruesa a conglomerática, en especial hacia el techo de la formación. Los fragmentos tienen formas subredondeadas y subelongadas a subesféricas, con buena selección. Según la clasificación composicional de Folk (1974) corresponden a sublitoarenitas y cuarzoarenitas compuestas por cuarzo monocristalino (90 %) de procedencia homogénea y líticos sedimentarios (10 %); con moscovita y opacos como accesorios, en la literatura se han relacionado estudios petrográficos asociados a la parte superior de la Formación mirador (Fotografía 3.1).



Fotografía 3.1 Cuarzoarenita Formación Mirador, fragmentos de Cuarzo, minerales opacos y micas (izquierda nicoles paralelos, derecha nicoles cruzados)

En la memoria de la plancha 67 (Tibú), mencionan que en el sector Tres Aguas se levantó una columna completa de la Formación Mirador, donde se muestra el contacto superior con la Formación Carbonera y el contacto inferior con la Formación Los Cuervos. La estratificación cruzada es notoria hacia la parte inferior a media. Comprende 505 m de espesor, en los cuales se diferencian seis intervalos, de base a techo (Figura 16)

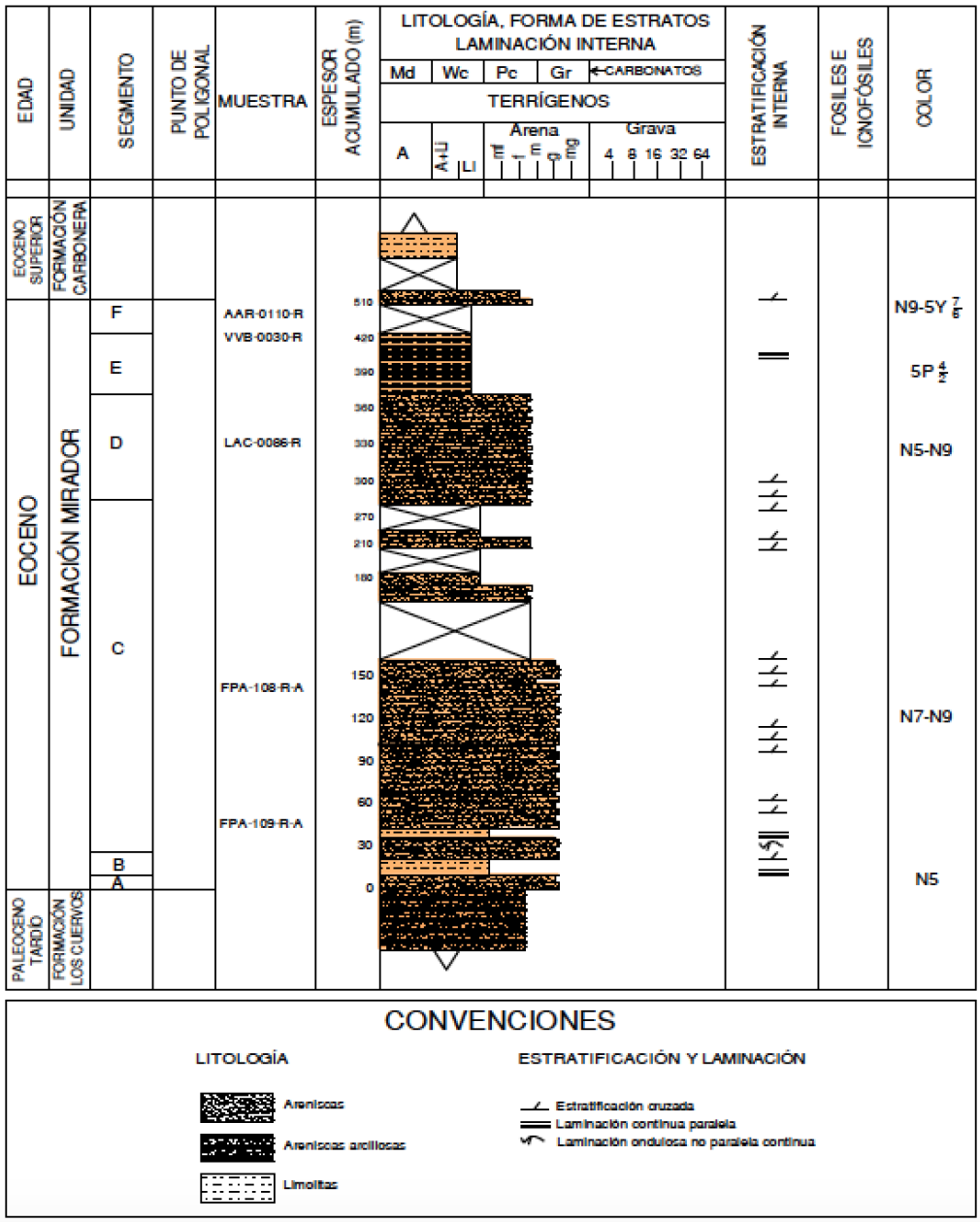


Figura 16 Columna estratigráfica Formación Mirador

Segmento A: en la base, en contacto inferior neto con la Formación Los Cuervos, se encuentra un paquete de 10 m de espesor de Cuarzoarenitas de color gris y amarillo por alteración, ligeramente deleznables, con laminación ondulada.
Segmento B: corresponde a 11 m de Lodolitas grises con esporádicas intercalaciones de Limolitas arenosas; presentan laminación plana.
Segmento C: contiene 285 m de Cuarzoarenitas friables, localmente guijosas, de colores gris claro a blanco y amarillo por oxidación, con estratificación cruzada. Hacia la base esporádicas Arcillolitas grises con lentes de Arenita gris y verdosa.
Segmento D: está compuesto por 60 m de Cuarzoarenitas de color gris medio a claro, con fragmentos carbonosos y ondulitas simétricas.
Segmento E: está conformado por 54 m de Arcillolitas grises moteadas de morado, con laminación plana y presencia de raíces.
Segmento F: Se presenta un tramo cubierto de 80 m y por encima de éste, el sexto segmento, compuesto por 5 m de Cuarzoarenitas blancas y amarillas, friables, muy limpias, con laminación cruzada, que presentan un contacto superior neto e irregular con Limolitas de la Formación Carbonera.
El origen de la Formación Mirador es continental. González Guzmán (1967; en PDVSA-INTEVEP, 2008) con base en estudios palinológicos reconoce una alternancia de floras de sabana, de aguas dulces y salobres que corresponden a los ambientes fluvial, de llanuras deltaicas y de pantanos salobres. De acuerdo con el análisis de proveniencia las rocas de ésta unidad provienen de un cratón interior.
La edad de la parte inferior de la Formación Mirador fue establecida palinológicamente como Eoceno Inferior y la parte superior como del Eoceno Medio (Van der Hammen, 1957) con base en polen y restos de plantas.
Según Van der Hammen (1958), la Formación Mirador corresponde a la Formación La Paz del Valle Medio del Magdalena y a la Formación Hoyón conjuntamente con el Gualanday Inferior del Valle Superior del Magdalena.

- Formación Carbonera (E2E3c)

Según De Porta (1974), el nombre de la Formación Carbonera se deriva de la quebrada Carbonera, afluente del río Zulia, en el flanco oriental del Anticlinal de Petrólea, municipio de Cúcuta. La sección tipo fue definida por Notestein *et al*. (1944), se halla en la quebrada, aproximadamente a 12 km al NW de Puerto Villamizar. Esta unidad se caracteriza por presentar relieves ondulados de lomas bajas, con disección baja a moderada de drenajes y buenos afloramientos a lo largo de la carretera Tibú–Orú. Según la descripción de la sección tipo la Formación Carbonera consiste de una secuencia gruesa de intercalaciones de Arcillolitas,

Lutitas grises, Limolitas, Arenitas de grano fino a grueso, en capas delgadas a gruesas y en menor proporción horizontes de carbón (Figura 17).

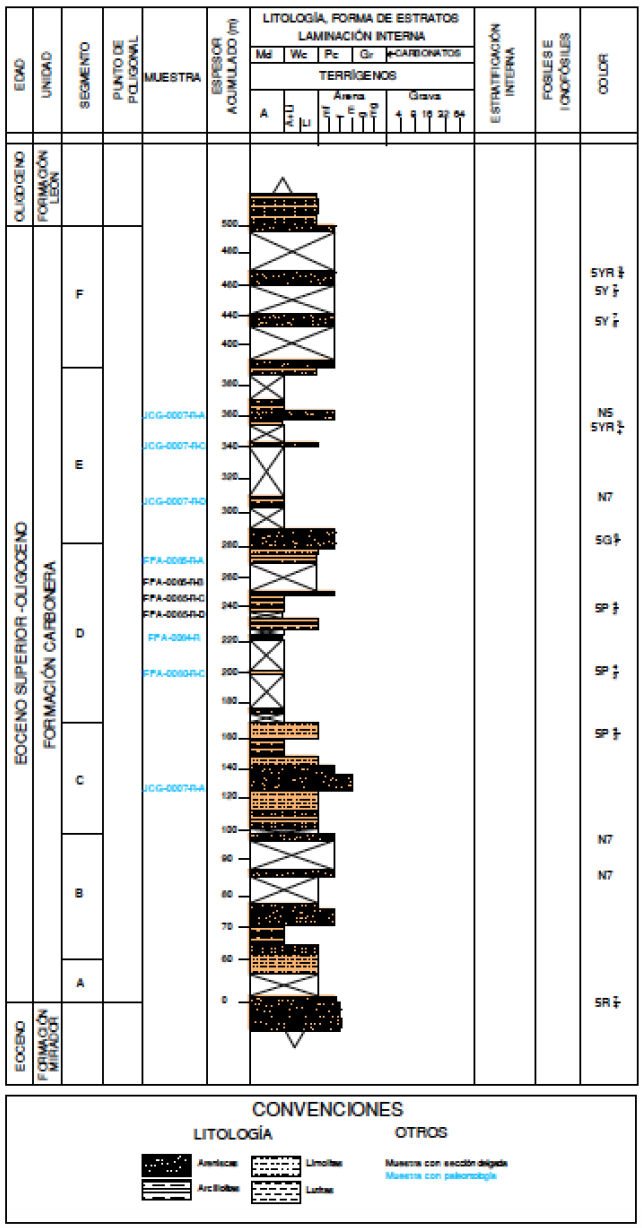


Figura 17 Columna estratigráfica Formación Carbonera

Segmento A: Arcillolita limosa micácea moteada de colores gris y púrpura con intercalaciones de capas delgadas de Lutitas negras carbonosas y carbón brillante. Además, intercalaciones de Limolitas arcillosas y micáceas de color marrón (64 m).
Segmento B: Lutitas grises, nodulares, limosas y ligeramente micáceas con intercalaciones de Arenitas grises finas a muy finas, masivas, friables (56 m).
Segmento C: intercalaciones de Limolitas arcillosas micáceas, ligeramente calcáreas de color gris verdoso con intercalaciones, hacia la parte media de Arenitas finas, muy arcillosas, micaceas en capas gruesas de color gris verdoso y Arcillolitas grises piritosas escasas (70 m).
Segmento D: Arcillolitas limosas, moteadas, micáceas de color gris a gris púrpura, generalmente calcarea, con intercalaciones de Limolitas micáceas arcillosas de color gris verdoso y escasas Arenitas finas. Capas delgadas de carbón hacia la parte superior (110 m).
Segmento E: Arcillolitas grises, blandas, moteadas limosas, de color marrón a gris con intercalaciones escasas de Lutitas negras y Arenitas finas arcillosas grises (110 m). Arenitas arcillosas, friables en colores amarillentos ligeramente micaceas, con intercalaciones de Limolitas arcillosas (90 m).
Segmento F: Arenitas arcillosas, friables en colores amarillentos ligeramente micaceas, con intercalaciones de Limolitas arcillosas (90 m).
La unidad corresponde a una secuencia siliciclástica con alternancia de Arenitas, Lodolitas y algunas capas de carbón, que alcanzan hasta 2 m de espesor. Las Arenitas son moderadamente consolidadas y en algunas ocasiones friables; las lodolitas tienen baja competencia, por lo que desarrollan patrones de erosión por escorrentía de tipo cárcava.
Las Arenitas se presentan en niveles que pueden alcanzar hasta 22 m de espesor, son competentes y forman afloramientos escarpados; localmente son deleznables o friables. La granulometría es variable, desde arena media hasta muy fina y presentan matriz lodosa, alrededor de 10 %. Los granos son subangulares y subesféricos, en menor proporción subelongados, con selección moderada a mala.
Composicionalmente predominan Sublitoarenitas y Cuarzoarenitas, localmente algunas subarcosas (Folk, 1974); es común la estratificación cruzada a escala macro y curvada no paralela continua y laminación cruzada a escala micro. La laminación está marcada por abundantes óxidos de hierro, que dan como resultado alternancia entre láminas rojizas y claras. Son comunes los feldespatos en una proporción cercana al 10% (localmente hasta 23% en subarcosas) y se observa moscovita accesoria.
Las areniscas tienen coloraciones claras, rosa naranja moderado, naranja amarillento pálido, naranja muy pálido y en menor proporción blanco; también presentan coloración marrón claro y naranja rojizo moderado, cuando aumenta el contenido de óxidos por la meteorización de algunos líticos.
En la vía Tibú–Versalles, aproximadamente 7,5 km al suroeste de Tibú, se observa un paquete de areniscas de aproximadamente 15 m de espesor con un nivel de lodolitas arenosas, en la

base, de 0,5 m de espesor, seguido por un estrato de 2 m de areniscas lodosas, finamente laminadas y con presencia de concreciones calcáreas. Esta secuencia es muy continua y puede seguirse a lo largo de la vía (Fotografía 3.2).



Fotografía 3.2 Arenitas con estratificación cruzada, Formación Carbonera

En la memoria de la plancha 67, con el fin de definir el origen o procedencia de las areniscas de la Formación Carbonera realizaron un diagrama ternario (Dickinson, 1985), en el cual puede observarse que éstas están conformadas principalmente por materiales provenientes de un cratón interior y erosionados de un orógeno reciclado, representado por un levantamiento inicial de la Cordillera Oriental (Macizo de Santander), donde se han erodado las rocas metamórficas de la Formación Silgará, Metasedimentitas de La Virgen y las rocas sedimentarias del Cretácico–Cenozoico (Figura 18).

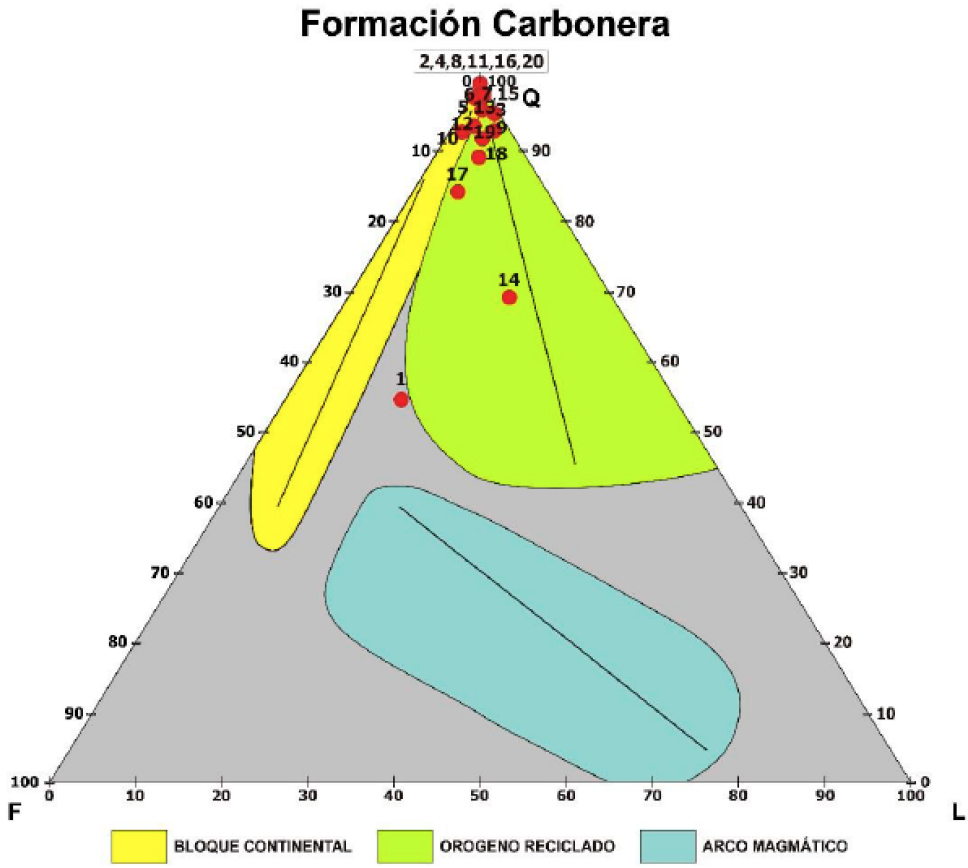


Figura 18 Proveniencia de materiales de la Formación Carbonera (Diagrama de Dickinson, 1985)

Los resultados de los análisis palinológicos realizados, el buen recobro de kerógeno y la recuperación de gran cantidad de palinomorfos, permiten asignar una edad Eoceno–Eoceno tardío.

Palinológicamente se estableció la edad de la parte inferior de la Formación Carbonera como Eoceno Superior y de la parte superior como Oligoceno Inferior (Van der Hammen, 1957; en De Porta, 1974).

Según Notestein *et al*. (1944), la Formación Carbonera es equivalente al horizonte de lutita arenosa del oeste de Venezuela y puede ser correlacionada con la Formación Esmeraldas en el departamento de Santander, Colombia y puede ser correlacionada, al menos en parte, con las Series Chorro y quizás con la parte inferior de la secuencia de Mugrosa, del Valle Medio del Magdalena.

- Formación León (E3N1l)

La Formación León fue definida por Hedberg (informe privado; en De Porta, 1974) y su nombre proviene de la quebrada León, en el flanco este del Anticlinal de Petrólea, municipio de Cúcuta, a unos 9 km al noroeste de Puerto Villamizar, departamento de Norte de Santander y publicada por Notestein et al. (1944). La Formación León se extiende como una franja delgada y continua desde la vereda Caño Toneles al Noroeste en sentido N–S y NW–SE y se amplía en las veredas Orú y Orú Siete, extendiéndose hasta la vereda Campo Yuca al noroeste de Tibú.
Geomorfológicamente se caracteriza por relieves ondulados de lomas bajas, con disección de drenajes baja a moderada y con escasos afloramientos. En la sección tipo, en la Quebrada Leon, en Puerto Santander, está compuesta casi totalmente de Lutitas grises a gris verdosas y duras. Existen escasas capas delgadas de Arenitas grises y amarillentas con láminas carbonosas y las Lutitas tienden a ser más lodosas hacia la base y el techo. En la parte media de la unidad, en el área de Tibú Socuavo aparece una serie Arenitas delgadas amarillentas.
Segmento A: lutitas grises claras con colores grises a negro hacia la base. A veces capas delgadas de mantos grises ferruginosos (345 m).
Segmento B: lutitas grises a gris claras, a gris verdosas m con escasas intercalaciones de areniscas duras finas ferruginosas (175 m).
Segmento C: lutitas grises a gris verdosas (260 m).
La Formación León, se encuentra compuesta predominantemente por lodolitas, lodolitas arenosas y areniscas lodosas de color gris y verde oliva, frecuentemente ferruginosas por oxidación; con capas de areniscas cuarzosas de grano fino, presentes hacia el sector centro-este del área, las cuales probablemente corresponden al Miembro Machete, mencionado por De Porta (1974), (Figura 19).
Los afloramientos de esta unidad son escasos, debido a la baja consolidación de las rocas, que generalmente se encuentran meteorizadas; los afloramientos están principalmente en cárcavas y en algunos taludes, donde los drenajes han tenido mayor disección. En general la orientación estructural de los estratos indica buzamientos bajos, inferiores a 20°, con rumbos variables que evidencian un comportamiento dúctil de las rocas.
Es frecuente la presencia de areniscas arcillosas de coloraciones marrón amarillento moderado a naranja amarillento oscuro, compuestas por cuarzo y líticos en granos de tamaño arena muy fina a fina (60 %), embebidos en una matriz de arcilla (40 %).

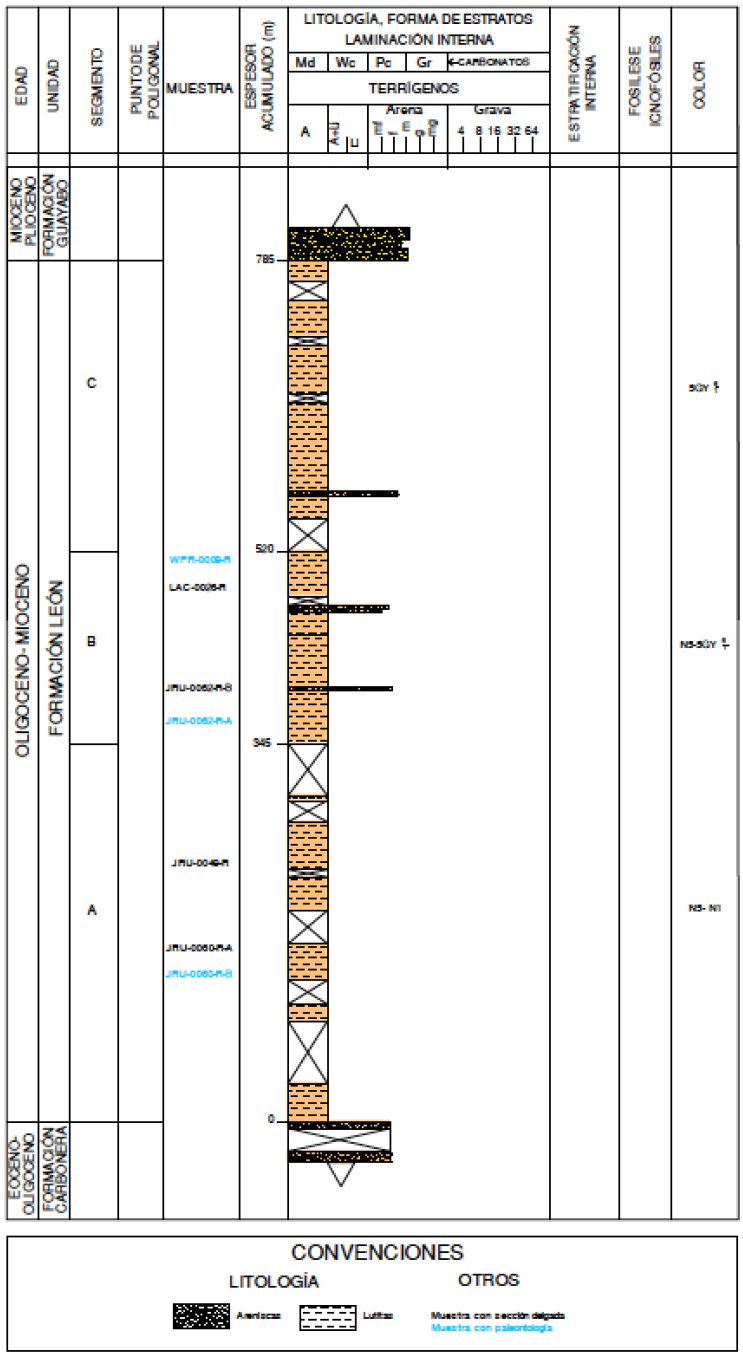


Figura 19 Columna estratigráfica Formación Leon

Los análisis petrográficos realizados a las muestras de la Formación León, indican que predominan texturalmente areniscas, areniscas lodosas, lodolitas y lodolitas arenosas (Folk, 1954) (Figura 20).

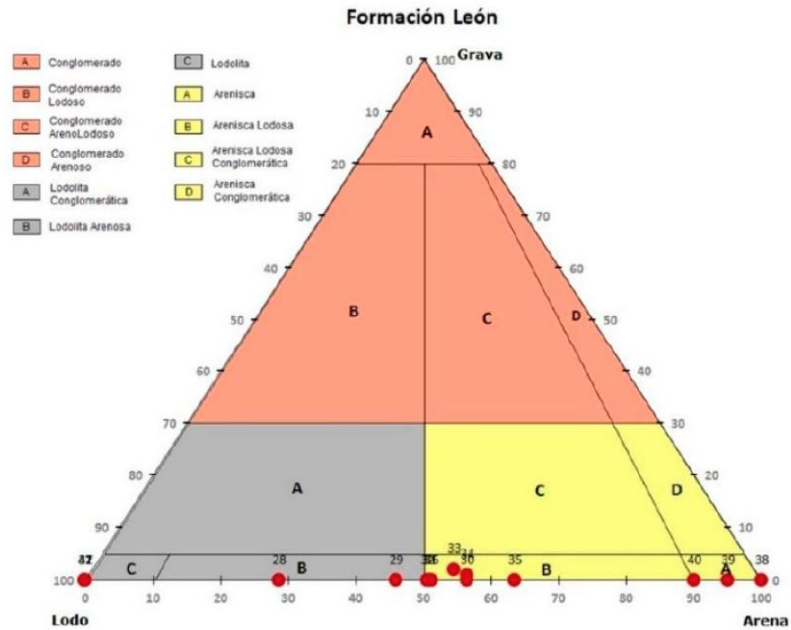
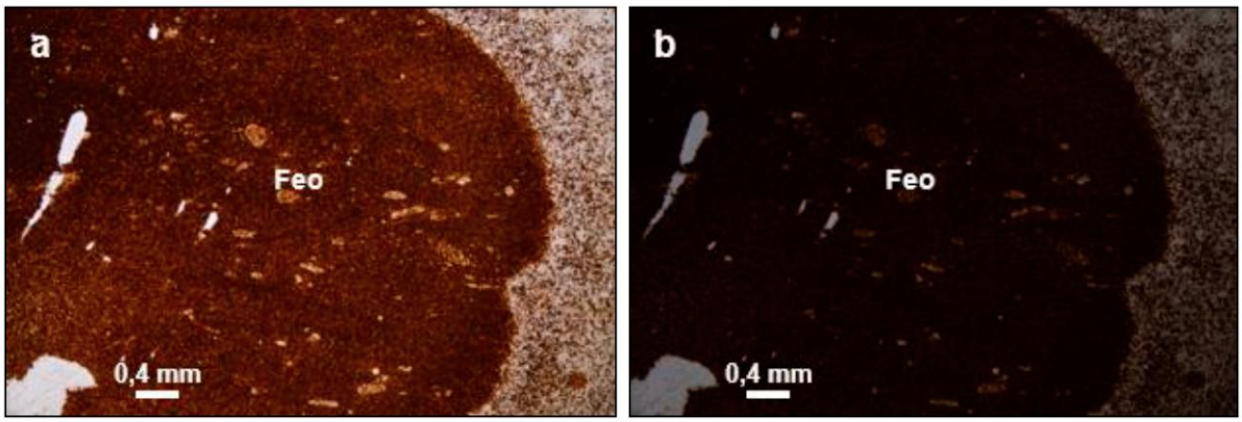


Figura 20 Clasificación Textural de la Formación Leon

Las lodolitas de la Formación León petrográficamente son homogéneas en textura y composición, con buena selección en el rango de tamaño limo y arcilla; están compuestas por fragmentos de cuarzo monocristalino de tamaño de grano limo (40-90 %) embebidos en una matriz de material arcilloso, teñida y parcialmente cementada por óxidos e hidróxidos de hierro que le imprimen un color marrón. Presentan trazas de chert, opacos, micas y turmalina. Una muestra recolectada sobre el eje del anticlinal de Tibú, corresponde texturalmente a una lodolita con abundante materia orgánica, probablemente calcárea, la cual ha sufrido reemplazamiento por óxidos de hierro por procesos de meteorización, que le imprimen un color rojizo. La muestra contiene restos de foraminíferos mal preservados y con base en su posición espacial en el mapa geológico (cercana al eje del anticlinal con exposición de la Formación Carbonera) se asocie con los paquetes inferiores de la Formación León (Fotografía 3.3).

El espesor de la Formación León es variable; Notestein *et al*. (1944) estiman que en el área de Tibú–Socuavo el espesor se ha calculado entre 350 a 475 m.



Fotografía 3.3 Lodolitas de la Formación León, parte inferior de la secuencia reemplazada por óxidos de hierro, presencia de foraminiferos, izquierda nicoles paralelos, derecha nicoles cruzados.

Según De Porta (1974), como la Formación León es predominantemente arcillosa, sus límites quedan bien determinados por la aparición de los niveles arenosos de la Formación Carbonera en su límite inferior y de la Formación Guayabo suprayacente; estos contactos parecen ser concordantes; no obstante Sutton (1946; en De Porta, 1974) indica que el contacto inferior con la Formación Carbonera es probablemente discordante. De acuerdo con los análisis palinológicos realizados en las memorias de la plancha 67 (SGC, 2002) se considera una sedimentación de origen continental salobre a marino somero para las rocas de la Formación León, esta es similar a los *Upper Shales* del oeste de Venezuela y es probablemente equivalente a algunas partes de las series Colorado y Mugrosa del Valle Medio, según Notestein *et al.*, 1944).

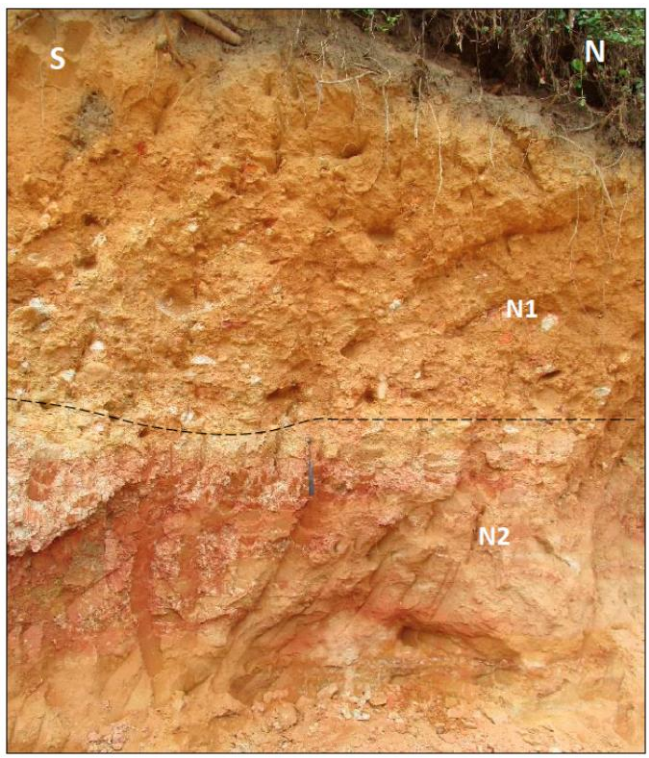
- Depósitos Aluviales Antiguos (Q2aa)

Las geoformas de terrazas aluviales son depósitos aluviales antiguos, ubicados en una posición más alta con relación a los depósitos aluviales más recientes y están asociadas principalmente a la dinámica fluvial de los ríos Catatumbo y Tibú. La geoforma de terraza aluvial más representativa y de mayor extensión es la originada por el río Tibú, y sobre la cual se encuentra el área urbana del municipio En la otra margen del río Tibú, se aprecia la segunda geoforma de terraza en extensión, donde están ubicadas las veredas La Perla y Playa Rica. La expresión geomorfológica de los depósitos de terrazas es de mesetas de baja altura y de relieve plano, más altas con relación a los depósitos aluviales más recientes. En la parte alta del área urbana de Tibú, puede alcanzar los 20 m de altura, respecto a los depósitos aluviales más recientes.

Los depósitos de esta unidad, corresponden a sedimentos no litificados, compuestos por capas irregulares de limos, arenas y gravas. En la vereda Campo Yuca se pueden diferenciar dos niveles Nivel 1 y 2, de techo a base; diferenciados por sus características texturales,

conformando un relieve plano que es diferenciable regionalmente por los rasgos morfológicos (Fotografía 3.4).

El nivel 1 puede alcanzar los 3 m de espesor, se refiere a un depósito no litificado de compactación media, conformado en la parte superior por limos arenosos de color naranja amarillento pálido, con esporádicos fragmentos de gravas finas, que van gradando a arenas lodosas gravosas y terminan en la base en gravas y bloques heterométricos de hasta 25 cm de diámetro en una matriz areno gravosa, en una relación de fragmentos/matriz de 65/35. Los fragmentos son principalmente de cuarzo, areniscas ferruginosas, areniscas cuarzosas, areniscas líticas, lodolitas silíceas oscuras, esquistos negros y granitoides.



Fotografía 3.4 Depósito aluvial antiguo, 2 niveles.

El nivel 2 infrayace al nivel 1; tiene un espesor mayor de 1,6 m porque su base no está expuesta; presenta en la parte superior limos de colores naranja rojizo y rosa naranja grisáceo abigarrados, con intercalaciones de arenas sueltas de grano medio de color marrón claro como rellenos de canal. Hacia la base gradan a arenas de grano medio, sueltas, de colores marrón claro y naranja amarillento pálido, muy deleznables.

La composición de las arenas es cuarzo (90 %), líticos (6 %), micas (2%) y feldespatos (2%). Presenta intercalaciones en forma de rellenos de canal de arenas gravosas a finas, sueltas, heterométricas con fragmentos de hasta 1,5 cm de diámetro y de limos grises y rojos.

- Depósitos Aluviales (Q2al)

Los depósitos aluviales recientes ocupan los ejes de los valles, siendo más extensos a medida que sus puntos de acumulación son más llanos; se acumulan principalmente en la convergencia de varios cauces. Esta unidad presenta espesores variables, cubriendo la paleotopografía preexistente, con espesores desde pocos metros e incluso llegando a superarlos 50 m en algunos sitios. El carácter litológico de estos depósitos depende esencialmente de la naturaleza petrográfica de las regiones drenadas. En general son intercalaciones de capas de gravas, arenas, limos y arcillas, formados por la acumulación reciente de los ríos y quebradas del área. Los terrenos donde se extienden estos depósitos son aprovechados en el área principalmente para ganadería y las partes más bajas y cercanas a los cauces son susceptibles a fenómenos de inundación y erosión por socavamiento de las orillas. Geomorfológicamente los depósitos aluviales constituyen las partes más bajas de relieve plano y se asocian con la deposición más reciente de los principales drenajes del área de estudio. Los depósitos aluviales en el área de estudio se comportan como sedimentos no litificados, compuestos por intercalaciones irregulares de capas de lodos, arenas y gravas. Hacia el oeste, en el valle del río Orú, la parte más superficial del depósito reciente asociado a esta corriente corresponde a un nivel de limos de color naranja amarillento pálido, con espesor superior a 1 m. Los depósitos aluviales cubren discordantemente la paleotopografía preexistente. Los depósitos aluviales recientes se encuentran asociados a la dinámica fluvial de los drenajes actuales en el área.

Hidrogeología

Considerando las características texturales y extensión superficial de las formaciones cartografiadas, se realizó una revisión y evaluación general de las aguas subterráneas en el centro urbano del municipio de Tibú, según la información del Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia (INGEOMINAS, 2000). El atlas subdivide las unidades geológicas de acuerdo con sus características hidrogeológicas y su valor de capacidad específica promedio, permitiendo visualizar el potencial acuífero de las unidades. De acuerdo con la Plancha 5–04 del atlas (Tabla 2), las unidades geológicas con mayor potencial acuífero de alta productividad en la zona de estudio son las formaciones Mirador y Necesidad. La Formación Guayabo también tiene características granulométricas y texturales que favorecen la porosidad y permeabilidad

primaria. Los depósitos aluviales de gran extensión y morfología plana, principalmente los del río Catatumbo y los de la zona donde convergen los ríos Tibú, Nuevo Presidente y Sardinata, pueden tener varias decenas de metros de espesor y pueden ser aprovechados mediante aljibes y pozos.

Tabla 2 Sistemas Acuíferos presentes en el área de estudio

Unidades geológicas	Características hidrogeológicas	Capacidad específica promedio (l/s/m)
	Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular	
Rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente fluvial, formaciones Mirador y Necesidad.	Acuíferos continuos de extensión regional, de alta productividad. Acuíferos libres y confinados.	Alta, entre 1,.0 y 5,0
Depósitos aluviales de los valles de los ríos Catatumbo, Tibú, Sardinata y Nuevo Presidente; de igual forma, Geoformas de terrazas aluviales y Formación Guayabo.	Acuíferos continuos de extensión regional, de baja a media productividad. Acuíferos libres y confinados.	Media a baja, entre 0,005 y 2,0
	Rocas con flujo esencialmente através de fracturas	
Rocas sedimentarias calcáreas como las formaciones La Luna y Capacho.	Acuíferos discontinuos de extensión regional, de alta productividad. Acuíferos generalmente confinados.	Alta, entre 1,0 y 5,0
	Sedimentos y rocas con limitados a nulas en aguas subterráneas	
Formaciones Catatumbo, Barco, Colón-Mito Juan, Los Cuervos, Carbonera y León.	Complejo de sedimentos y rocas sedimentarias con muy baja productividad.	Muy baja < 0,05
Rocas volcánicas, intrusivas y metamórficas.	Complejo de rocas ígneo–metamórficas, con muy baja a ninguna productividad.	Muy baja a ninguna < 0,05

Fuente: (SGC, 2015)



C. SEDIMENTOS Y ROCAS CON LIMITADOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS				
	Acuíferos con muy baja productividad, capacidad especifica promedio menor de 0,05 l/s/m, condiciones que pueden ser variables en las regiones costeras	Complejo de sedimentos constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltáicos y marinos que en las regiones costeras almacenan agua salada y por rocas sedimentarias terciarias a paleozoicas poco consolidadas de origen marino y continental	Qm: Qt: Qal:(13) Ngm: Ngt:(1) PgNgm:(2) Pgm: Pgc: Klt: Jc: Pzst: PzTrm: Pzsm: Kst:	Depósitos litorales, datríticos y orgánicos Depósitos de playa Betulia Arcilloso Fm. Zambrano Fms. Arjona, Perdices, Sincelejo Inferior, Rancho Changua y San Jacinto Formación Cármen Fms. San Cayetano,Turbiditas de Luruaco y Ciénaga de Oro Fms. Los Cuervos y Barco Fms. Rionegro, Villanueva, Colón, Mito Juan Fms. Girón, Jordán y Bocas Fm. Guatapurí Fms. Corual y Los Indios Rocas paleozoicas no diferenciadas Fm. Umir

Figura 21 Hidrogeología para el área de estudio del Municipio de Tibú

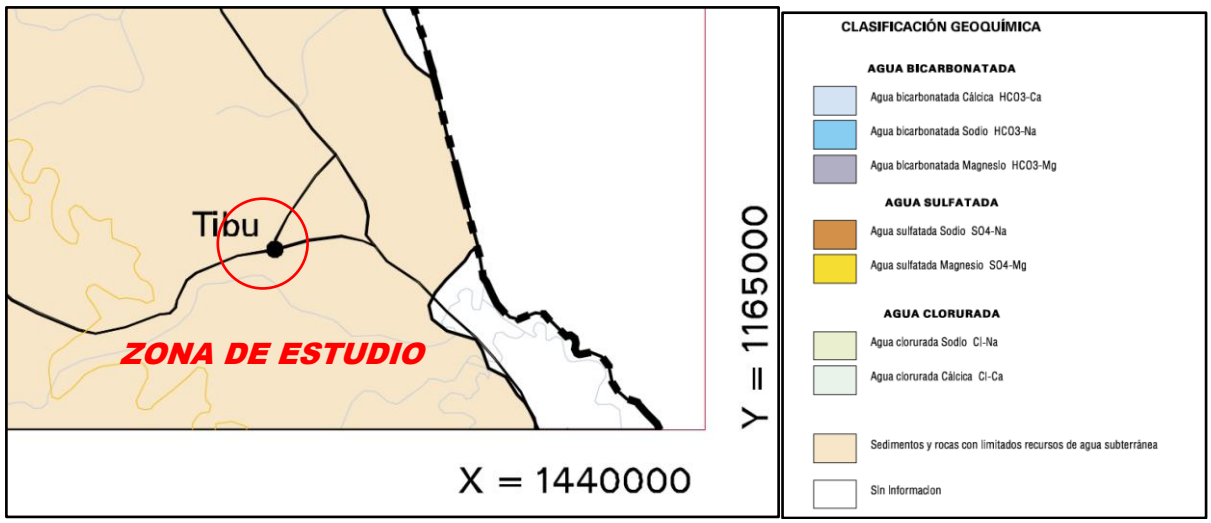
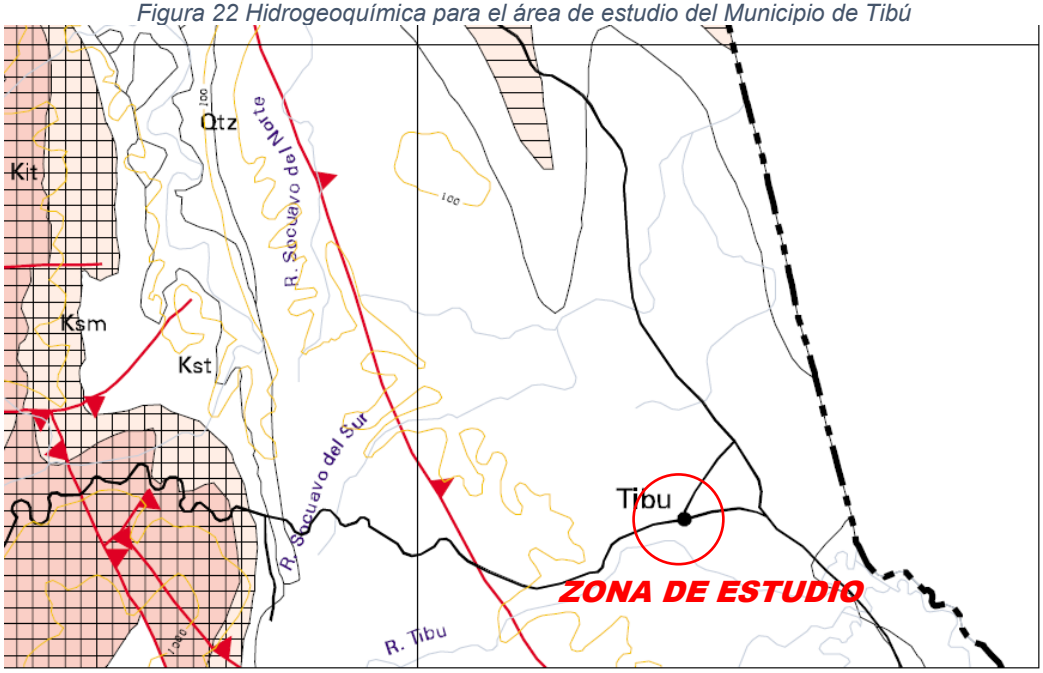


Figura 22 Hidrogeoquímica para el área de estudio del Municipio de Tibú



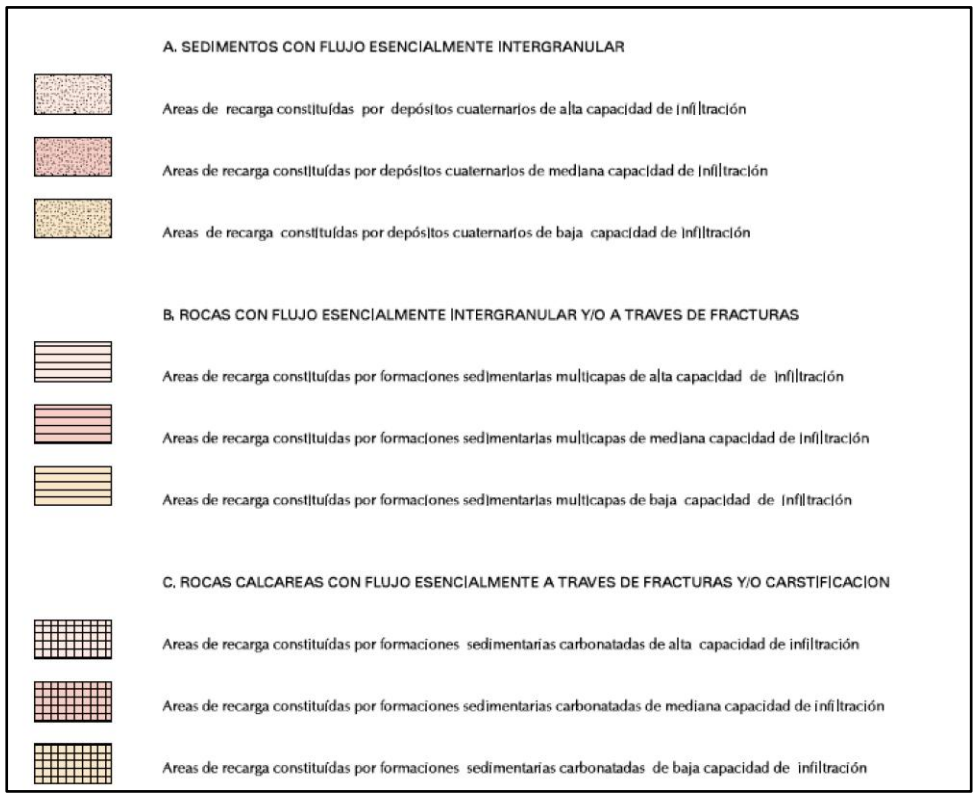


Figura 23 Estado del Recurso Hídrico (Recarga) para el área de estudio del Municipio de Tibú

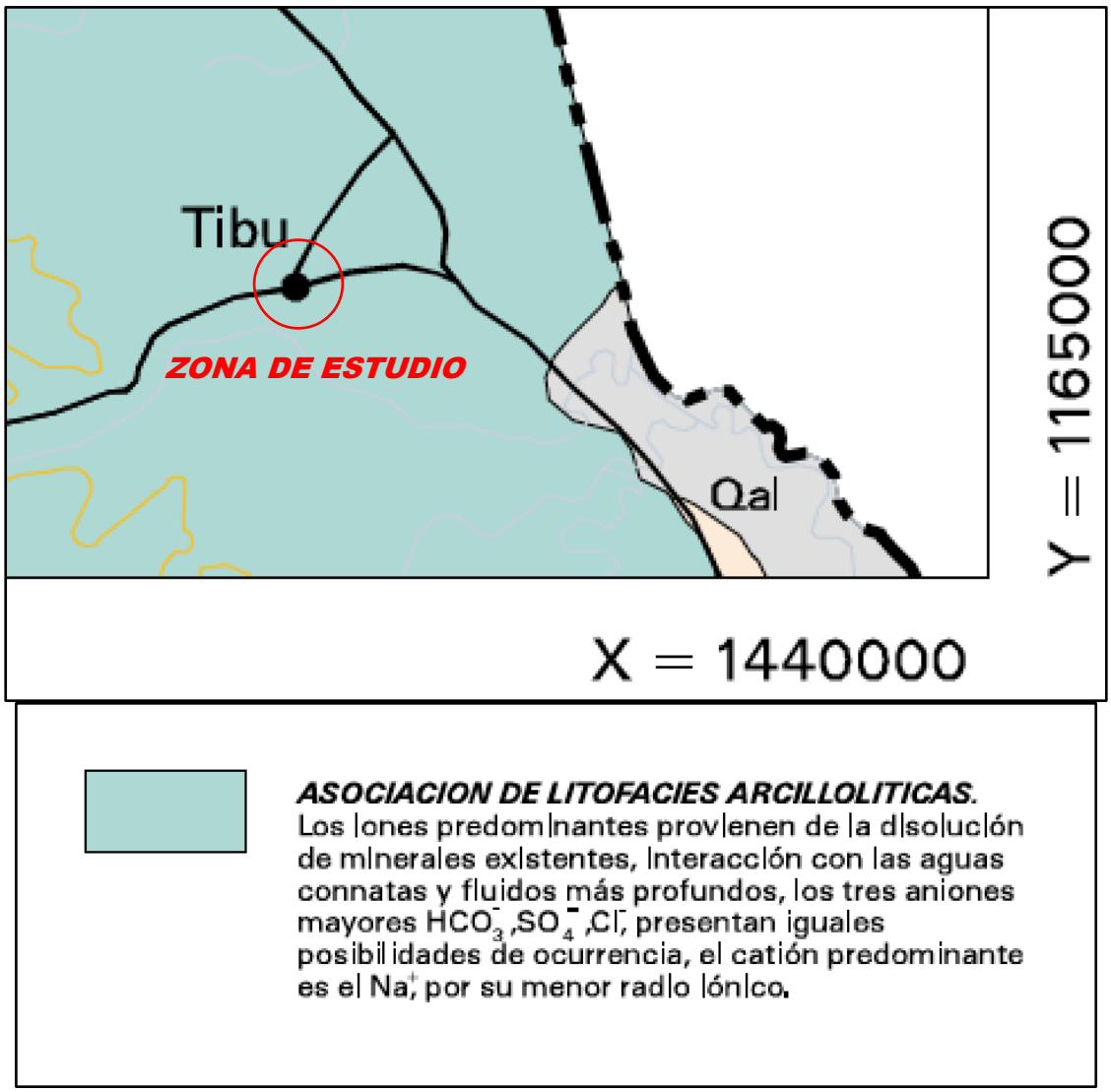


Figura 24 Litofacies para el área de estudio del Municipio de Tibú

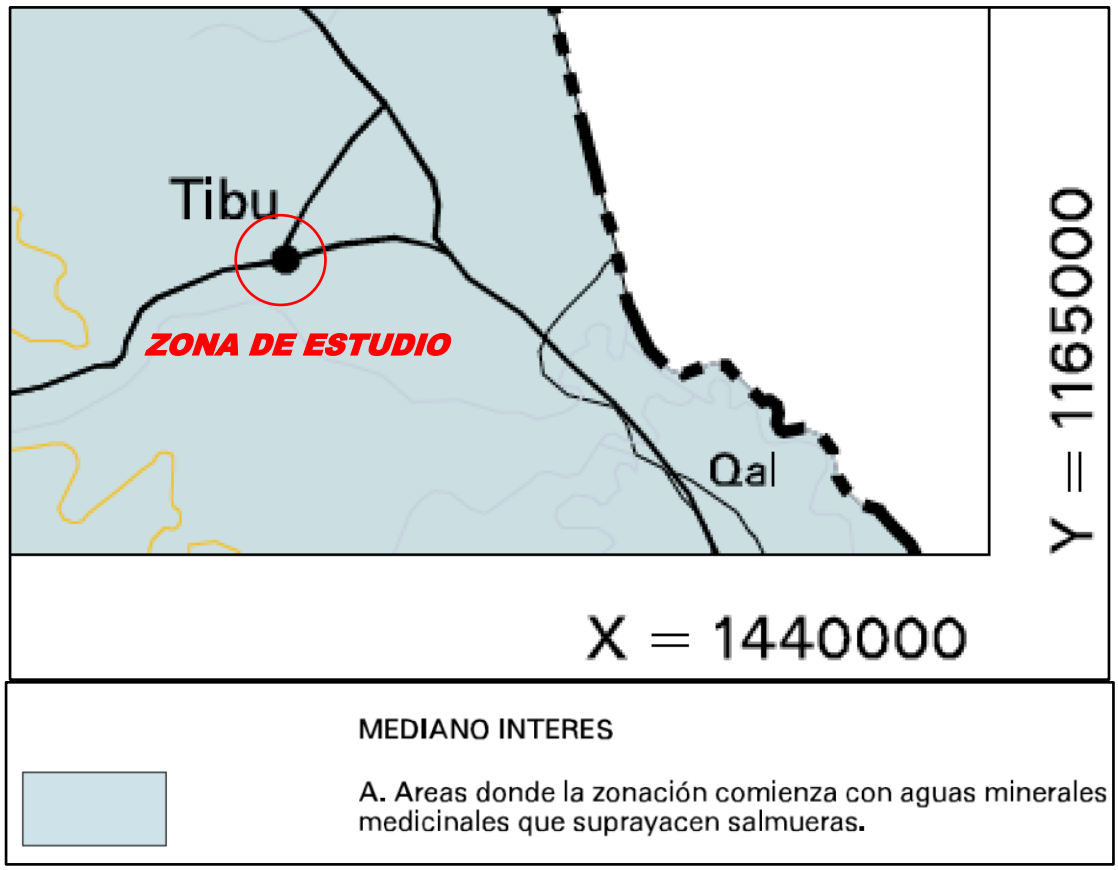
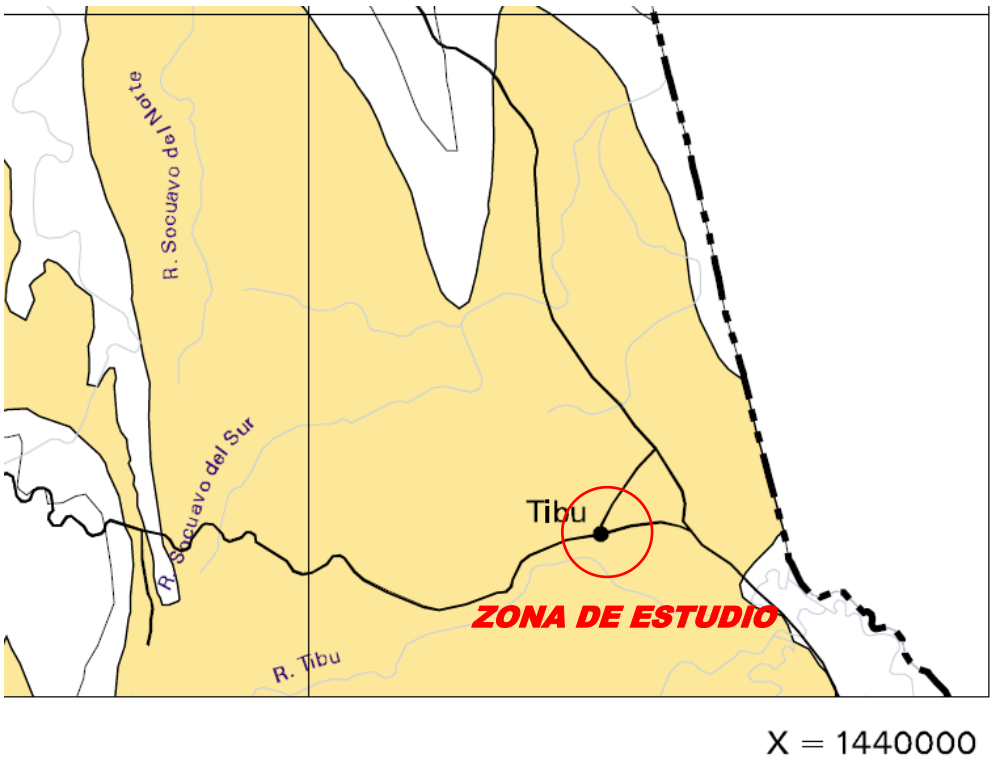


Figura 25 Ocurrencia de aguas minerales y peloides para el área de estudio del Municipio de Tibú



GRADO DE VULNERABILIDAD

Vulnerabilidad Extrema : Acuíferos vulnerables a la mayoría de los contaminantes y con un impacto relativamente rápido a casi todos los escenarios de contaminación.Indice de vulnerabilidad > 0.7 <= 1.0

Vulnerabilidad Alta : Acuíferos vulnerables a muchos contaminantes, excepto aquellos que son rápida y facilmente biodegradables. Indice de vulnerabilidad > 0.5 <= 0.7

Vulnerabilidad Moderada : Acuíferos vulnerables a contaminantes relativamente móviles y/o persistentes o bien, a eventos de contaminación continuos, causados durante largos periodos de tiempo. Indice de vulnerabilidad > 0.3 <= 0.5

Vulnerabilidad Baja : Acuíferos vulnerables a contaminantes muy móviles y persistentes a eventos de contaminación continuos durante largos periodos de tiempo. El impacto causado en el acuífero se caracteriza por ser de efecto a largo plazo y sus manifestaciones sobre la calidad del agua son tan débiles que suelen pasar inadvertidos durante mucho tiempo. Indice de vulnerabilidad > 0.1 <= 0.3

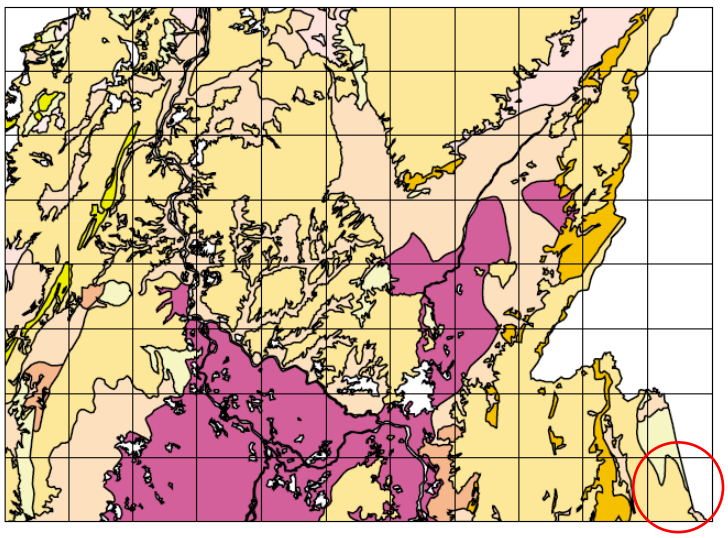
Vulnerabilidad Muy Baja : En estos acuíferos las capas confinantes representan un obstáculo que dificultan en un alto grado (sin que esto signifique que sea imposible), un flujo significativo de los contaminantes hacia el acuífero Indice de vulnerabilidad > 0 <= 0.1

Sedimentos y rocas con limitados recursos de aguas subterraneas

Zonas con información parcial

Figura 26A- Vulnerabilidad Acuiferos para el área de estudio del Municipio de Tibú

PARAMETRO (O)



DOMINIO LITOLÓGICO

SEDIMENTOS NO CONSOLIDADOS

- Arcilla
- Limo
- Gravas (Matriz Arcillosa)
- Intercalaciones (Arcilla,Arena,Grava)
- Arenas
- Gravas

ROCAS CONSOLIDADAS POROSAS

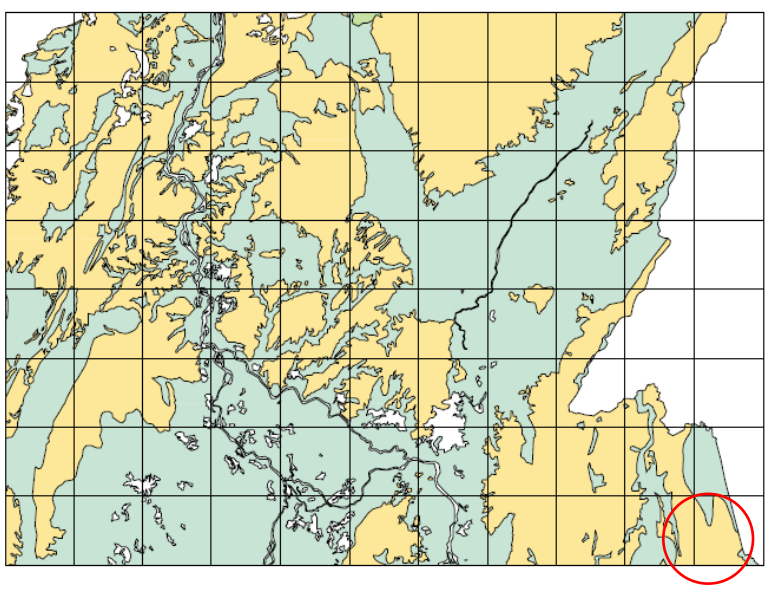
- Arcillolita,Lutitas
- Limolita
- Arenlscas,Tobas volcánlcas,Conglomerados
- Callzas Blandas,Calcarenltas

ROCAS CONSOLIDADAS DENSAS

- Formaciones Igneas,Metamórficas, Volcánicas Antiguas
- Lavas Volcánicas Recientes
- Caliche, otras Calizas duras
- Sedimentos y rocas con limitados recursos de aguas subterráneas
- Sin Información

PARAMETRO (G)

ZONA DE ESTUDIO



CONDICIÓN DE ACUÍFERO

- Libre (No Confinado)
- No Confinado Cubierto
- Semi - Confinado
- Confinado
- Surgente
- Sedimentos y rocas con limitados recursos de aguas subterráneas
- Sin información

ZONA DE ESTUDIO

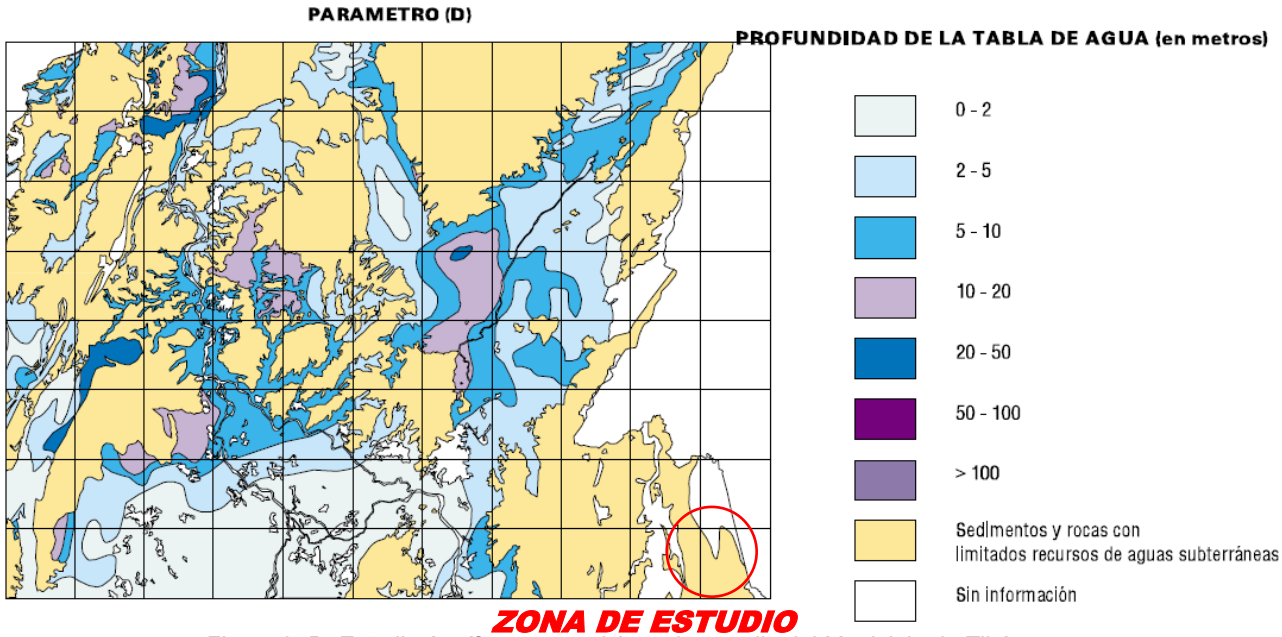


Figura 27B- Estudio Acuíferos para el área de estudio del Municipio de Tibú

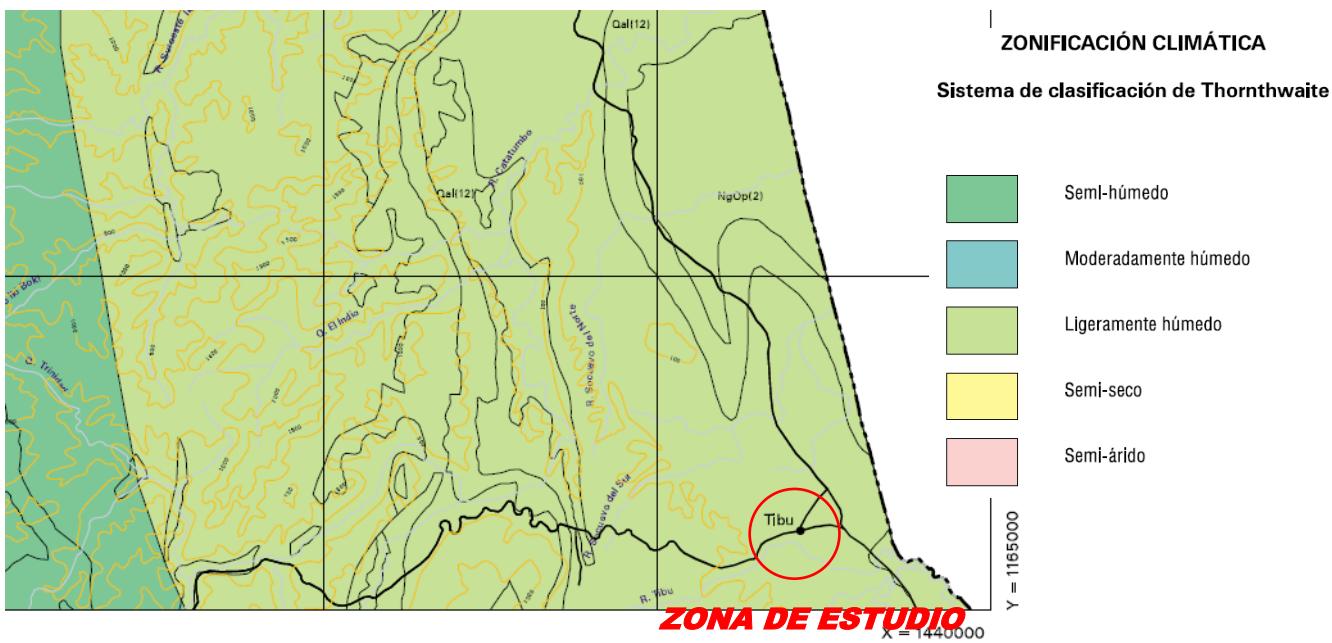


Figura 28C- Zonificación Climática - para el área de estudio del Municipio de Tibú

4 ESTUDIO GEOFÍSICO TOMOGRAFÍAS GEOELÉCTRICAS Y SONDEOS MAGNETOTELÚRICOS.

A continuación se presenta la metodología empleada para llevar a cabo la adquisición, procesamiento e interpretación de datos obtenidos en campo.

- Recopilación bibliográfica, mapas, planchas y fotografías aéreas de la zona.
- Reconocimiento Topográfico y Geológico de campo, elección de los sitios para ejecución de las Tomografías teniendo en cuenta Topografía y correlación Hidrogeológica
- Ejecución y/o adquisición de Sondeos MT (Magnetotelúricos).
- Procesamiento, interpretación, análisis e integración de la geología con los resultados.
- Presentación de informe final.

El método para la ejecución de Tomografías se realizará con base en la configuracion Wenner, la cual consiste en hacer circular en el terreno una corriente (que en este caso es continua) para medir los valores de voltaje (V) y corriente (I) respectivos; los contrastes que se presentan están de acuerdo con las características geoeléctricas de los materiales encontrados en el subsuelo. Se forman arreglos wenner simples con dos electrodos de corriente A - B y dos de voltaje M - N (Dispositivo Wenner Figura 30).

A través de los electrodos A-B se inyecta corriente al terreno, produciéndose un campo eléctrico, cuya diferencia de potencial se mide por medio de dos electrodos impolarizables M - N, localizados sobre la línea.

Con los datos obtenidos de cada perfil en profundidad se gráfican las curvas donde se presentan los valores de resistividades aparentes contra la profundidad; posterior a esto los valores de dichas curvas son interpoladas para obtener una imagen de resistividades aparentes del subsuelo a lo largo de la longitud del perfil; posterior a ello se realiza un procesamiento de inversión matemática donde se pretende lograr obtener la distribución de resistividades reales en profundidad y espesores de cada capas geoeléctrica.

Lo ideal que se pretende obtener son capas del subsuelo saturadas o no saturadas a traves de cambios litológicos obtenidos a partir de la correlación de las propiedades eléctricas del subsuelo denominada ‘Resistividad’ y la geología local.

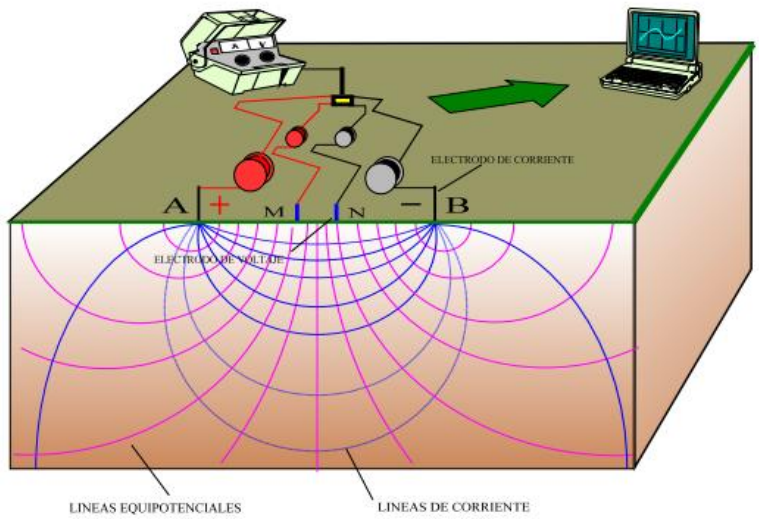


Figura 29–Inyección de Corriente (Electrodos de Corriente y Voltaje).

DISPOSITIVO WENNER

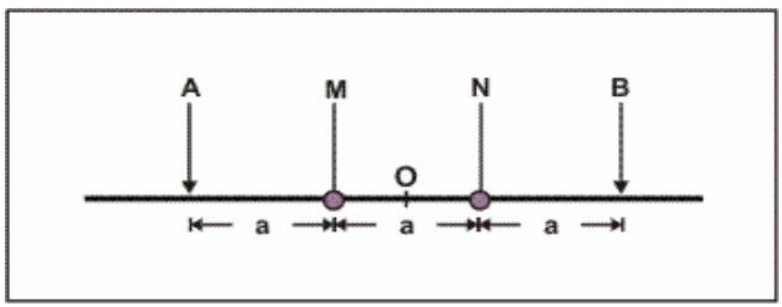


Figura 30 - Dispositivo Wenner

El suelo es una mezcla de partículas sólidas, gases, agua y otros materiales orgánicos e inorgánicos. Esta mezcla hace que la resistividad del suelo también dependa de otros factores externos como la temperatura, la humedad, presión, etc. que pueden provocar que un mismo suelo presente resistividades diferentes con el tiempo. De entre todos los factores, la humedad es el más importante; además, es el que se puede alterar más fácilmente mediante la lluvia o el riego del suelo.

Diferentes contenidos de humedad en un mismo terreno darían lugar a resistividades diferentes que podrían llevarnos a interpretaciones erróneas de los materiales constituyentes del suelo.

En el siguiente grafico se encuentra un conjunto de valores típicos de resistividad de geomateriales.

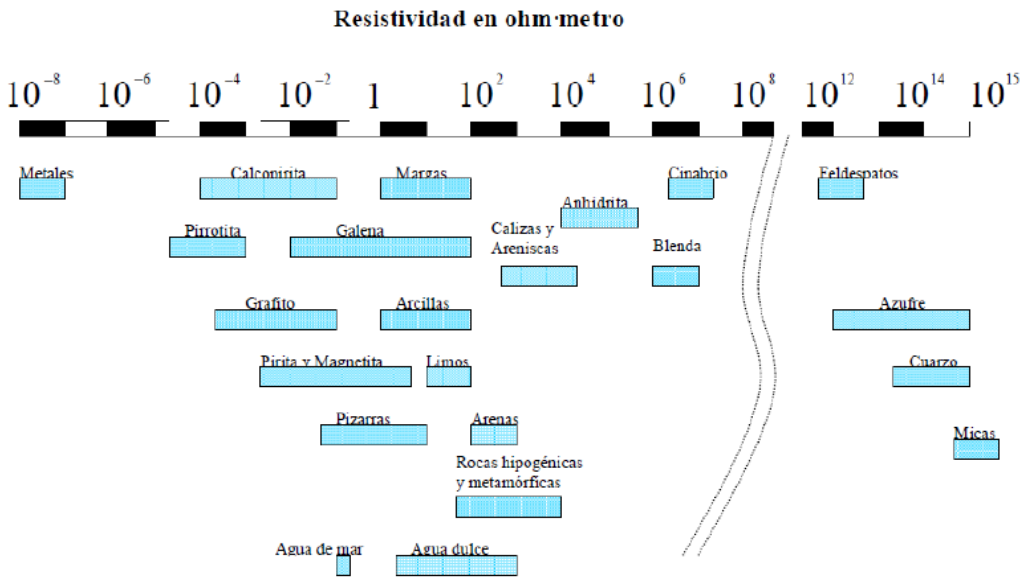


Figura 31 – Resistividad de Geomateriales

Se tiene planteada una adquisición simétrica para el área del centro urbano con el fin de generar la caracterización hidrogeológica que represente las características geométricas de los sistemas acuíferos identificados, por lo anterior se presenta la grilla de adquisición en la Figura 32.

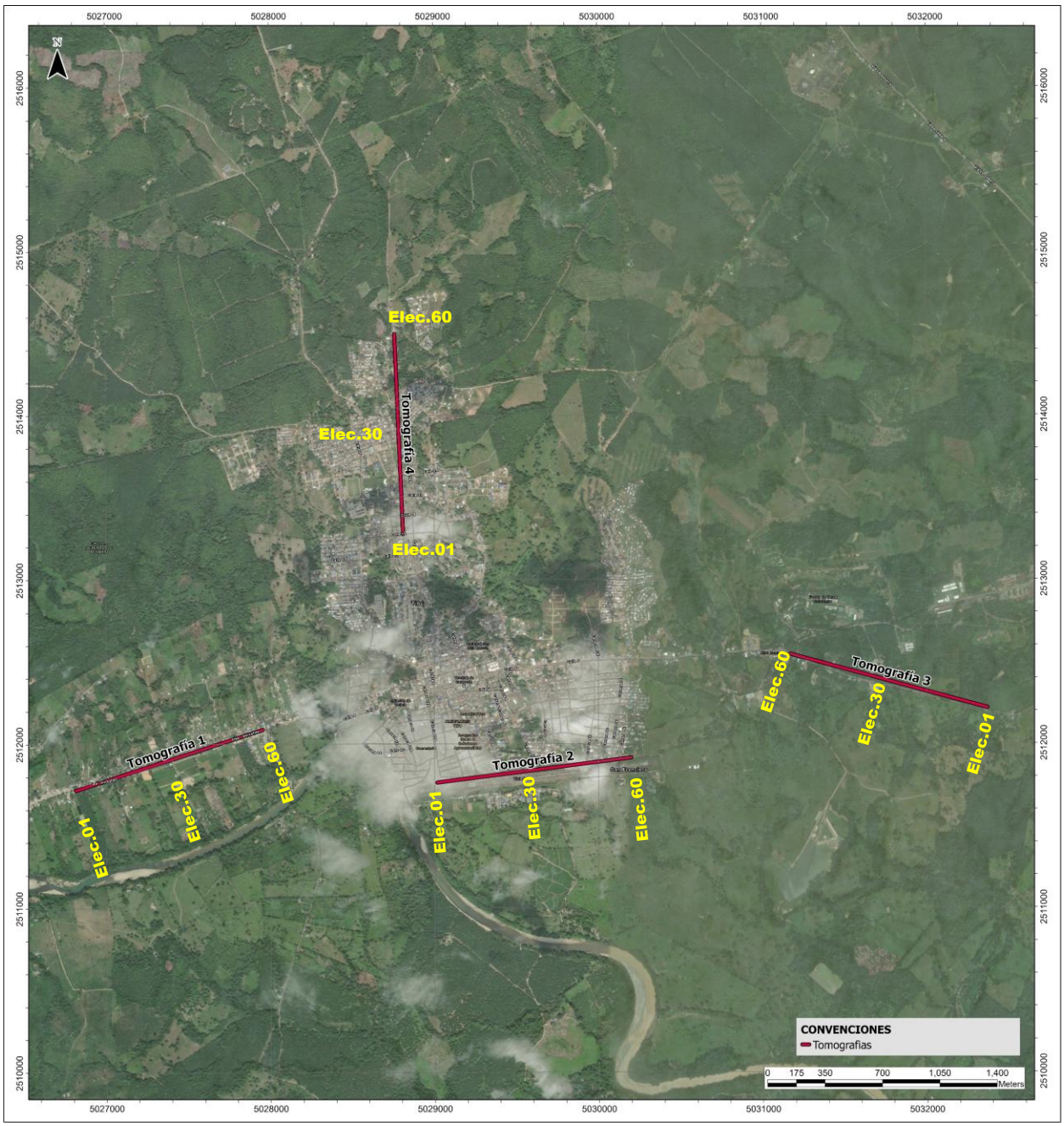


Figura 32 – Diseño de la adquisición de 4 Tomografías en el municipio de Tibú

Estas coordenadas son referidas al elipsoide de revolución WGS84 – GRS 80, marco de referencia MAGNA – SIRGAS, origen Central Bogotá.

No. TOMOGRÁFIA	ELECTRODO No.1							
	LATITUD (ϕ)		LONGITUD (λ)		h	NORTE EPSG:311	ESTE EPSG:3116	
TOMOGRAFIA No.1	08° 37' 51.1300''	N	72° 45' 22.2800''	W	51.7	1446443.550	1145446.240	
TOMOGRAFIA No.2	08° 37' 52.5800''	N	72° 44' 10.1600''	W	52.1	1446495.801	1147651.668	
TOMOGRAFIA No.3	08° 36' 06.8900''	N	72° 42' 21.3300''	W	58.2	1443259.726	1150991.604	
TOMOGRAFIA No.4	08° 39' 21.6000''	N	72° 44' 18.4800''	W	83.2	1449230.502	1147387.614	

No. TOMOGRÁFIA	ELECTRODO No.31						
	LATITUD (ϕ)		LONGITUD (λ)		h	NORTE EPSG:3116	ESTE EPSG:3116
TOMOGRAFIA No.1	08° 37' 56.6800''	N	72° 45' 03.4400''	W	51.65	1446616.100	1146021.814
TOMOGRAFIA No.2	08° 37' 55.3500''	N	72° 43' 50.7600''	W	50.32	1446583.013	1148244.664
TOMOGRAFIA No.3	08° 38' 12.0000''	N	72° 42' 41.0000''	W	63.19	1447102.257	1150376.258
TOMOGRAFIA No.4	08° 39' 41.0000''	N	72° 44' 19.0000''	W	83.48	1449826.611	1147369.615

No. TOMOGRÁFIA	ELECTRODO No.60						
	LATITUD (ϕ)		LONGITUD (λ)		h	NORTE EPSG:3116	ESTE EPSG:3116
TOMOGRAFIA No.1	08° 38' 03.1300''	N	72° 44' 44.9500''	W	53.2	1446816.278	1146586.583
TOMOGRAFIA No.2	08° 37' 57.4500''	N	72° 43' 31.4600''	W	51.3	1446649.633	1148834.673
TOMOGRAFIA No.3	08° 38' 17.9200''	N	72° 42' 59.7100''	W	61.5	1447282.135	1149803.418
TOMOGRAFIA No.4	08° 04' 01.0400''	N	72° 44' 19.9700''	W	84.2	1384066.194	1147563.483

La cota fue calculada con el modelo geoide GEOCOL2004 para Colombia.
El equipo usado para la georreferenciación de las líneas de tomografía se realizó mediante la implementación del **GPS SUBMETRICO GARMIN 62S.**

Se realizó la adquisición de 4 Tomografías geoeléctricas con el método Wenner, estas se procesaron con software GeoGiga de origen canadiense, y sobre estas inversiones se realizó la interpretación hidrogeológica.

Figura 33 – Tomografía No 1 en el municipio de Tibú

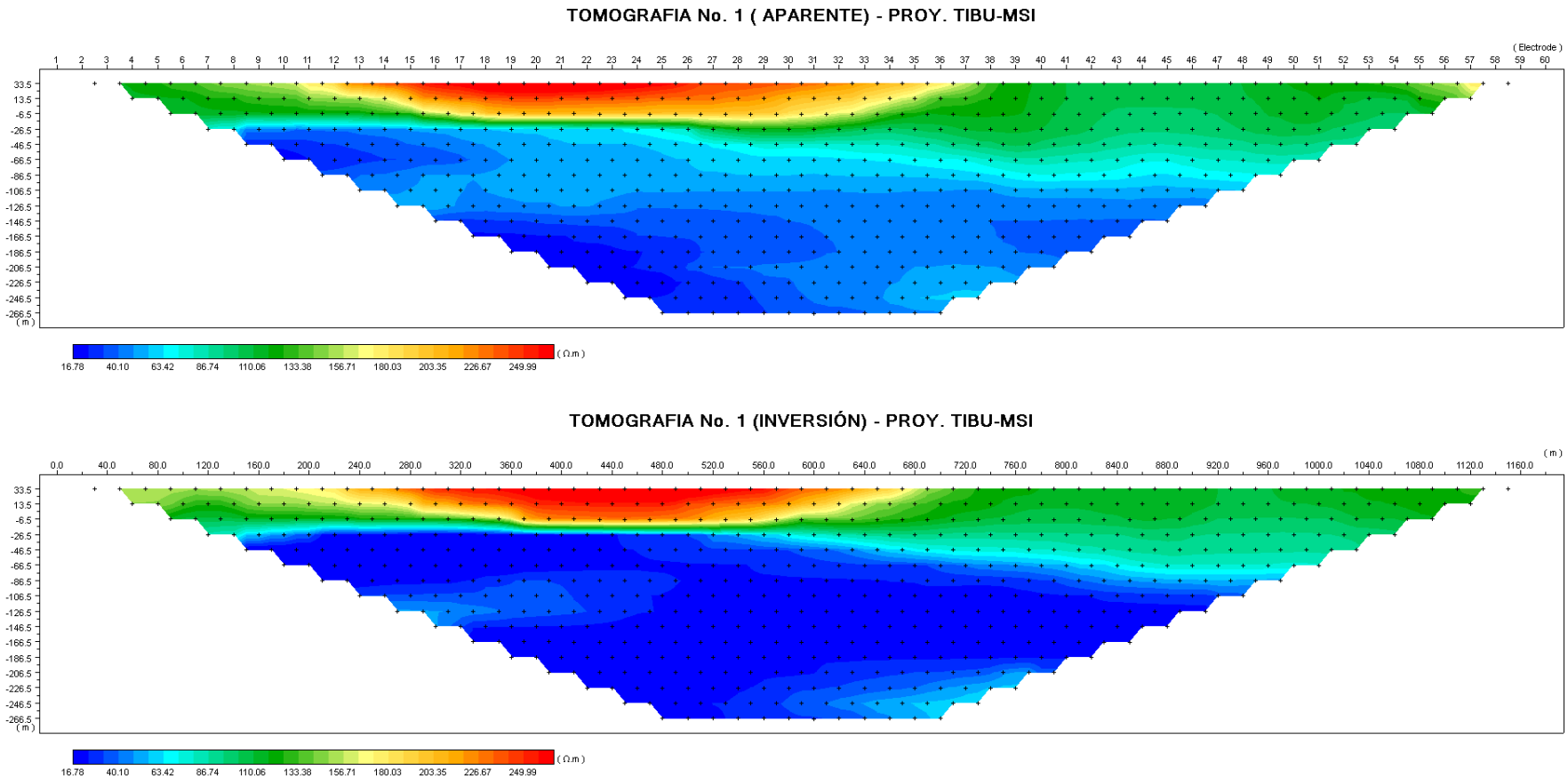


Figura 34 – Tomografía No 1 Interpretación Hidrogeológica en el municipio de Tibú

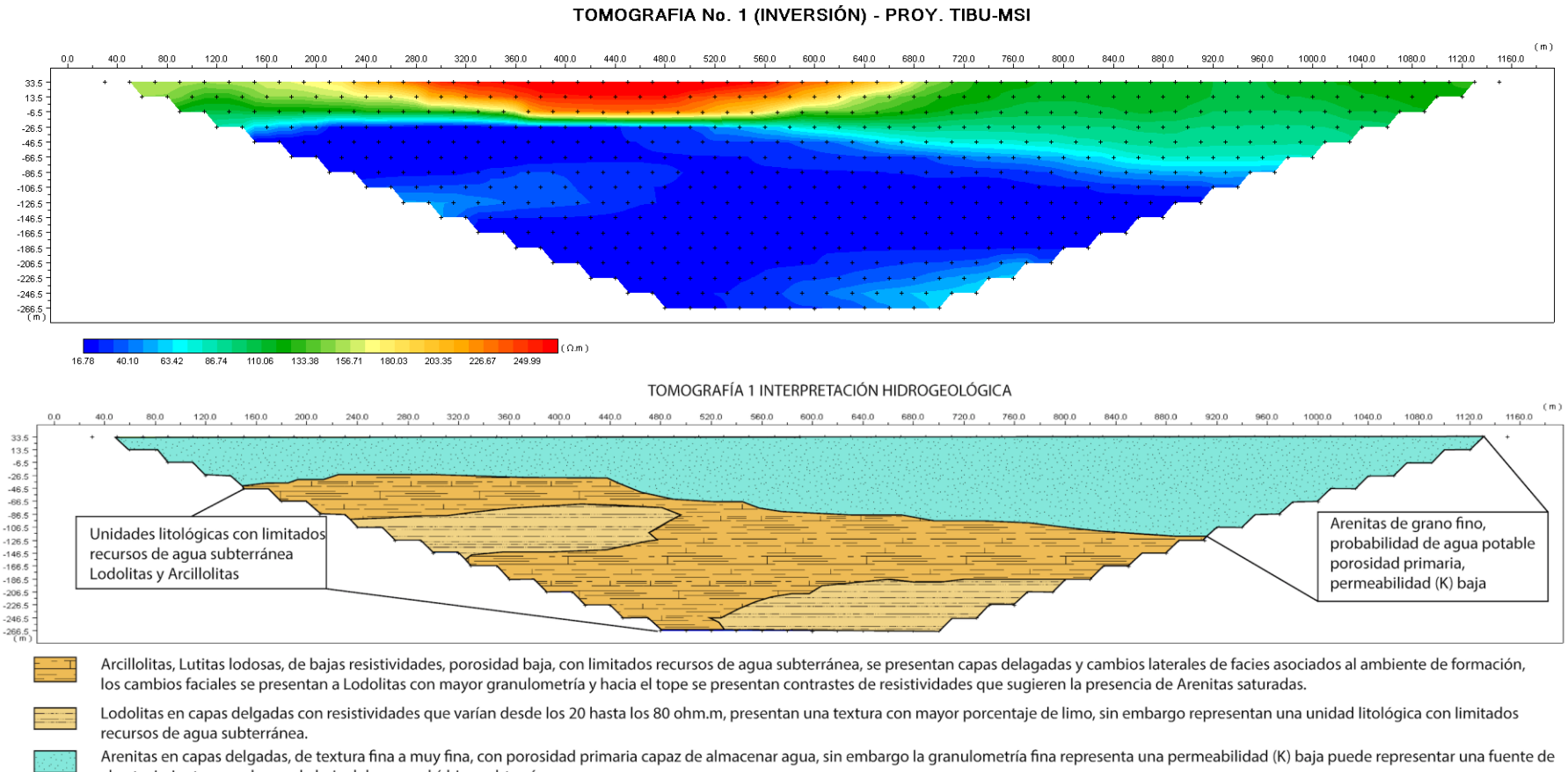


Figura 35 – Tomografía No 2 en el municipio de Tibú

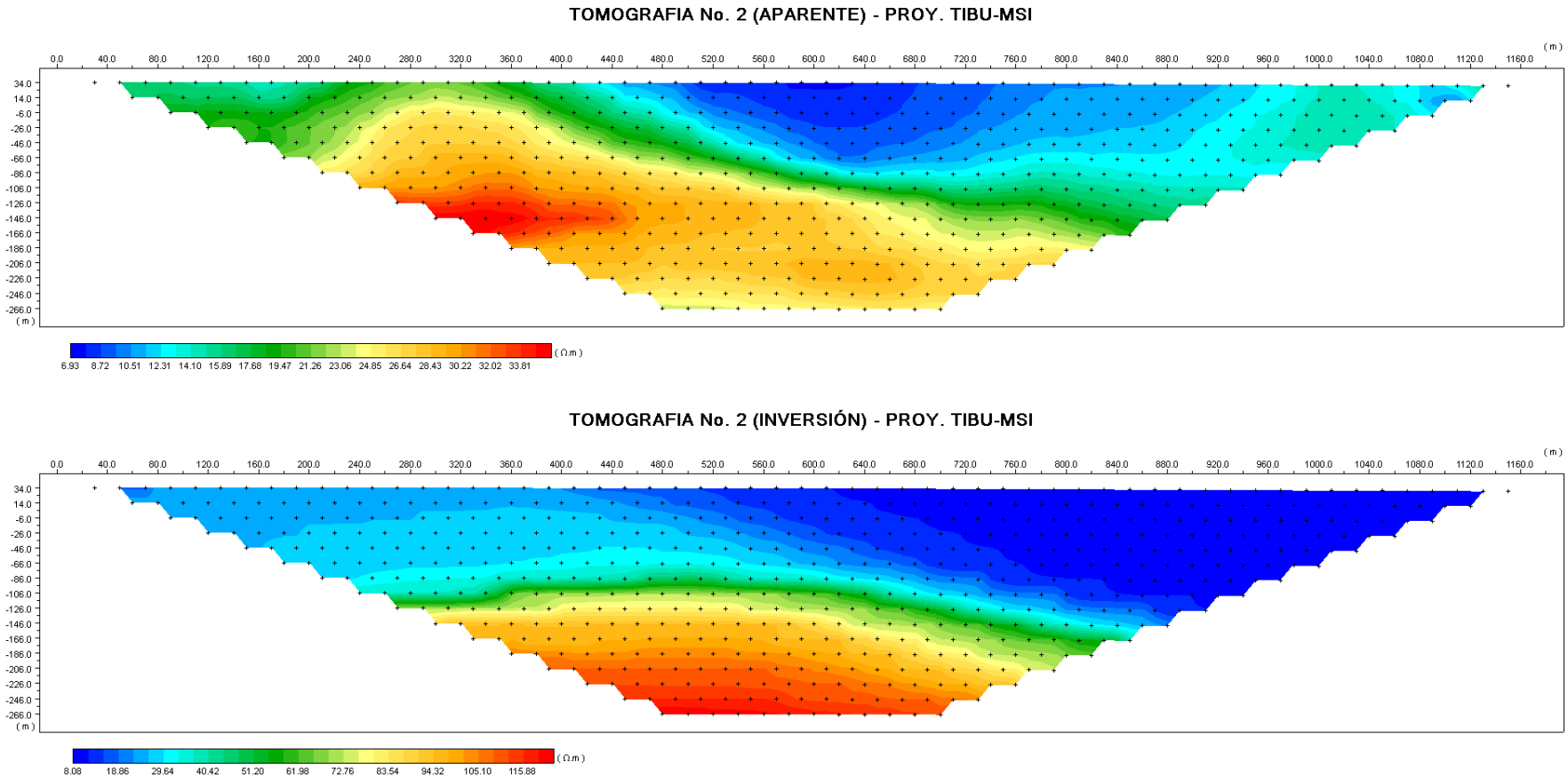
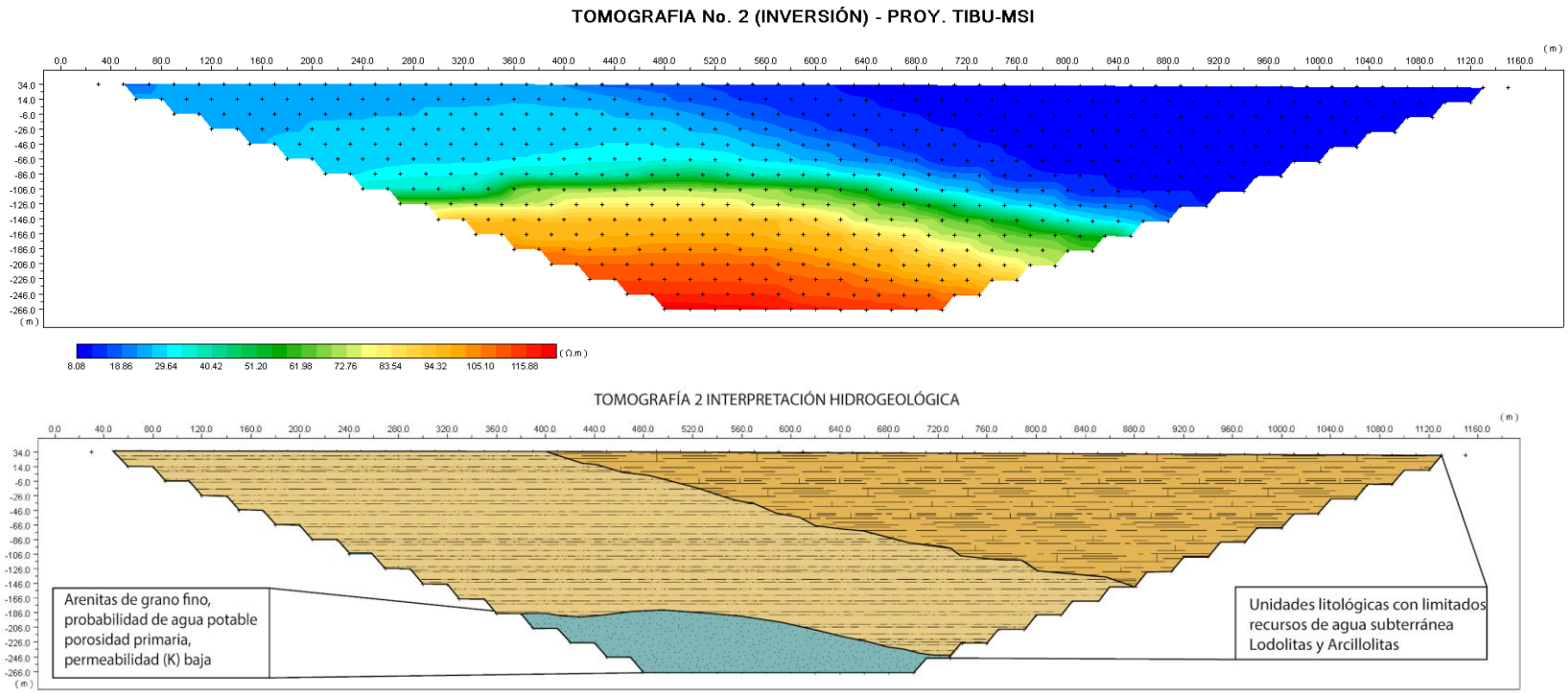


Figura 36 – Tomografía No 2 Interpretación Hidrogeológica en el municipio de Tibú



Arcillolitas, Lutitas lodosas, de bajas resistividades, porosidad baja, con limitados recursos de agua subterránea, se presentan capas delagadas y cambios laterales de facies asociados al ambiente de formación, los cambios faciales se presentan a Lodolitas con mayor granulometría y hacia el tope se presentan contrastes de resistividades que sugieren la presencia de Arenitas saturadas.

Lodolitas en capas delgadas con resistividades que varían desde los 20 hasta los 80 ohm.m, presentan una textura con mayor porcentaje de limo, sin embargo representan una unidad litológica con limitados recursos de agua subterránea.

Arenitas en capas delgadas, de textura fina a muy fina, con porosidad primaria capaz de almacenar agua, sin embargo la granulometría fina representa una permeabilidad (K) baja puede representar una fuente de abastecimiento para demanda baja del recurso hídrico subterráneo.

Figura 37 – Tomografía No 3 en el municipio de Tibú

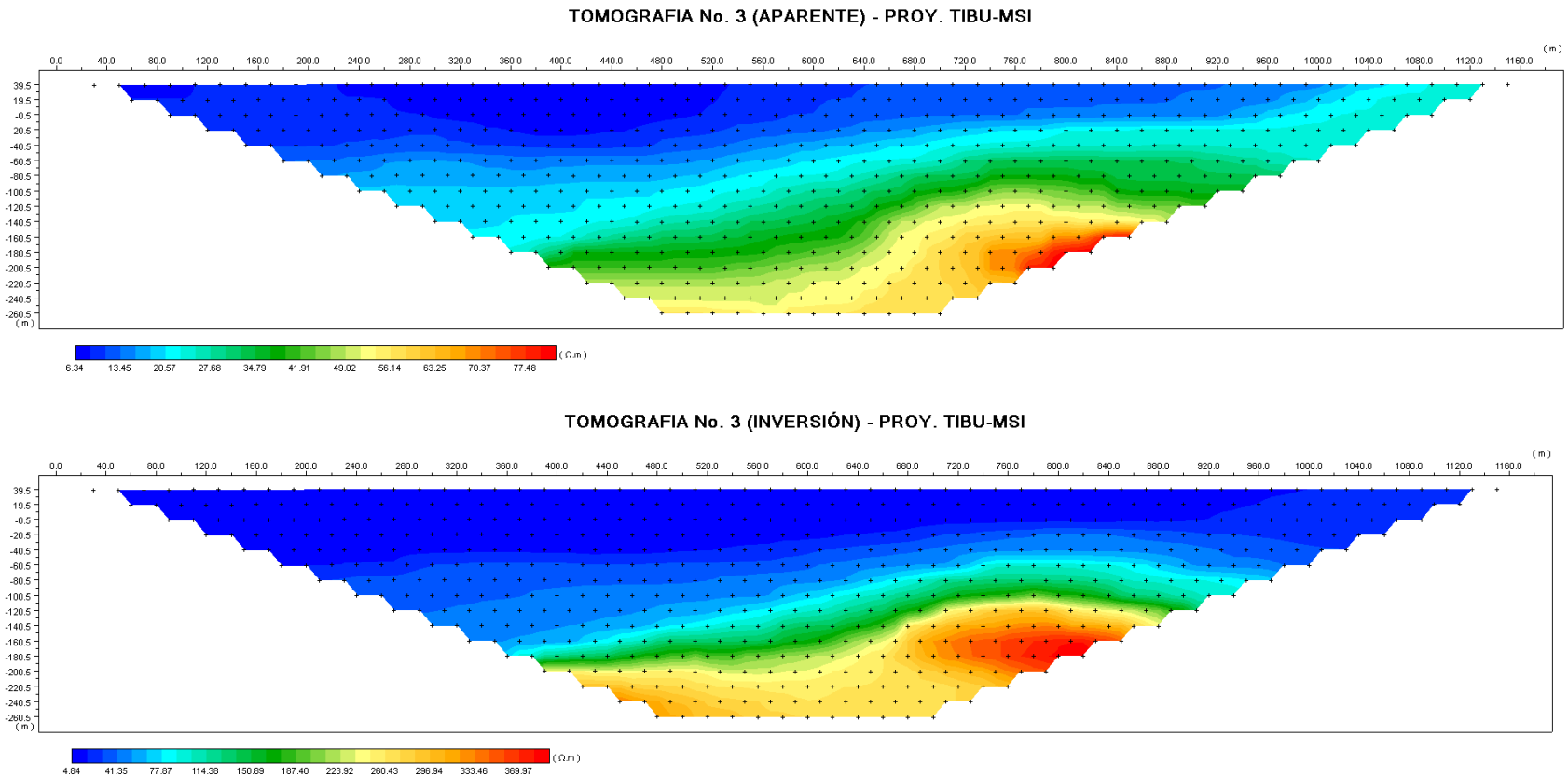


Figura 38 – Tomografía No 3 Interpretación Hidrogeológica en el municipio de Tibú

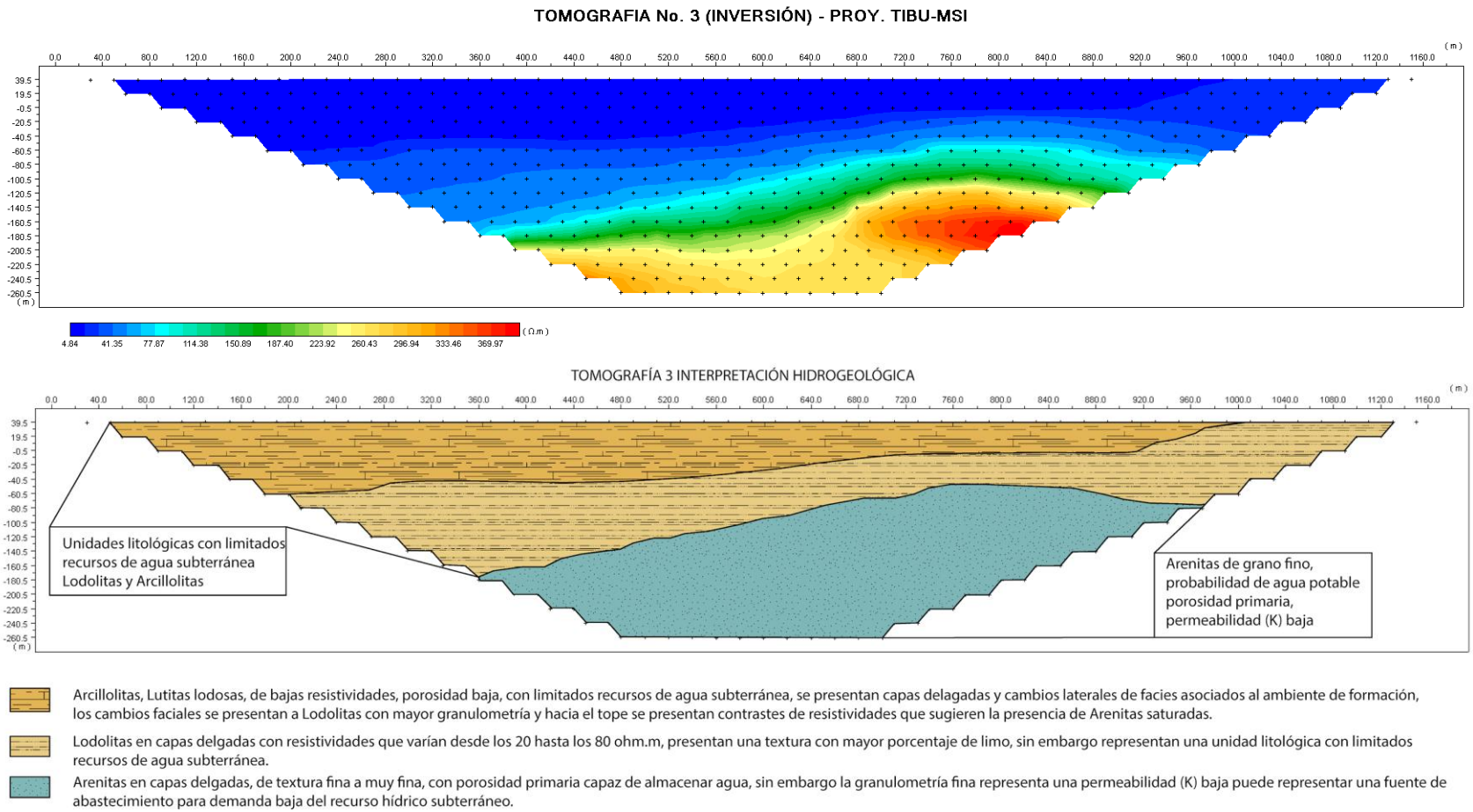


Figura 39 – Tomografía No 4 en el municipio de Tibú

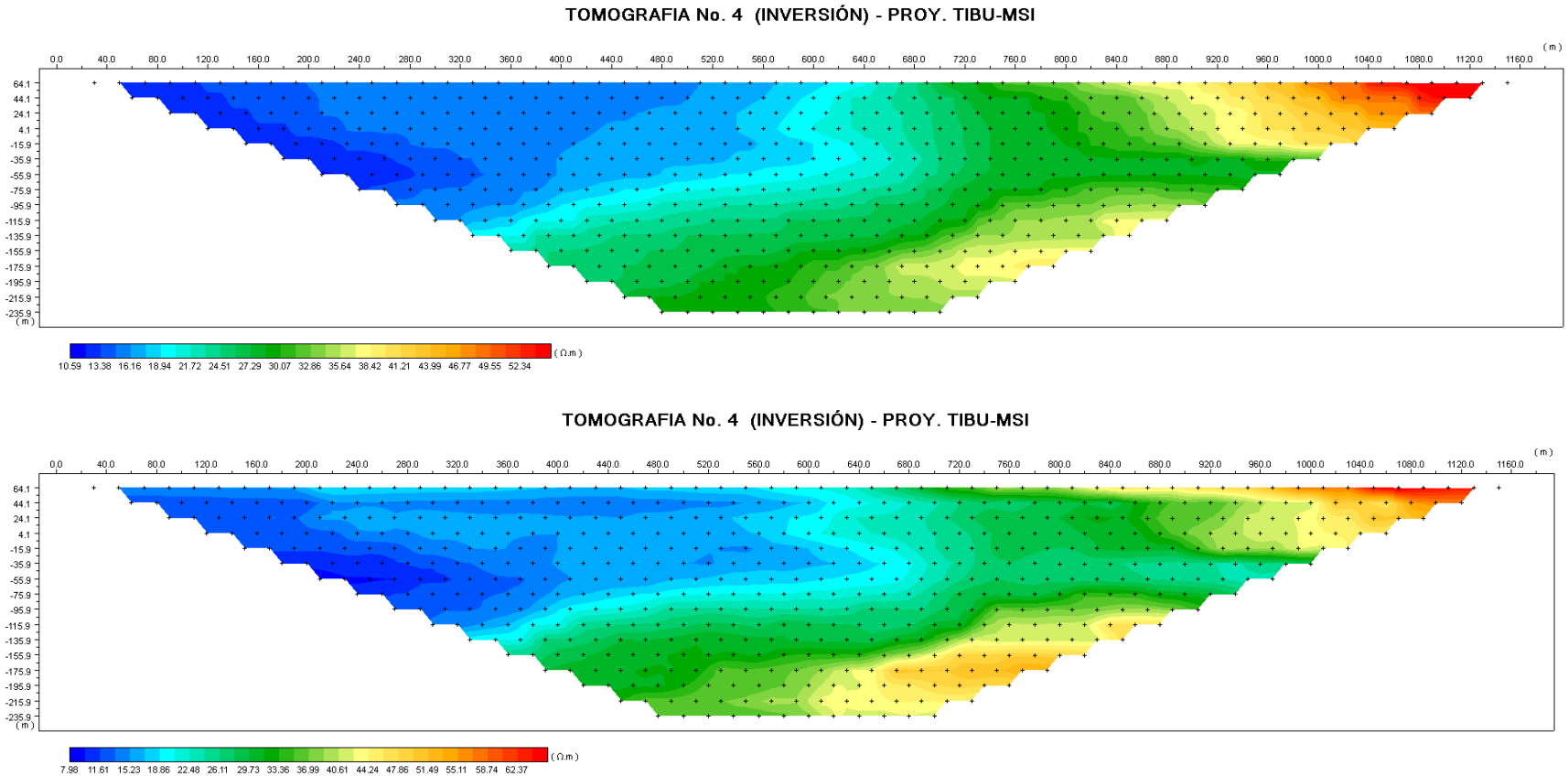
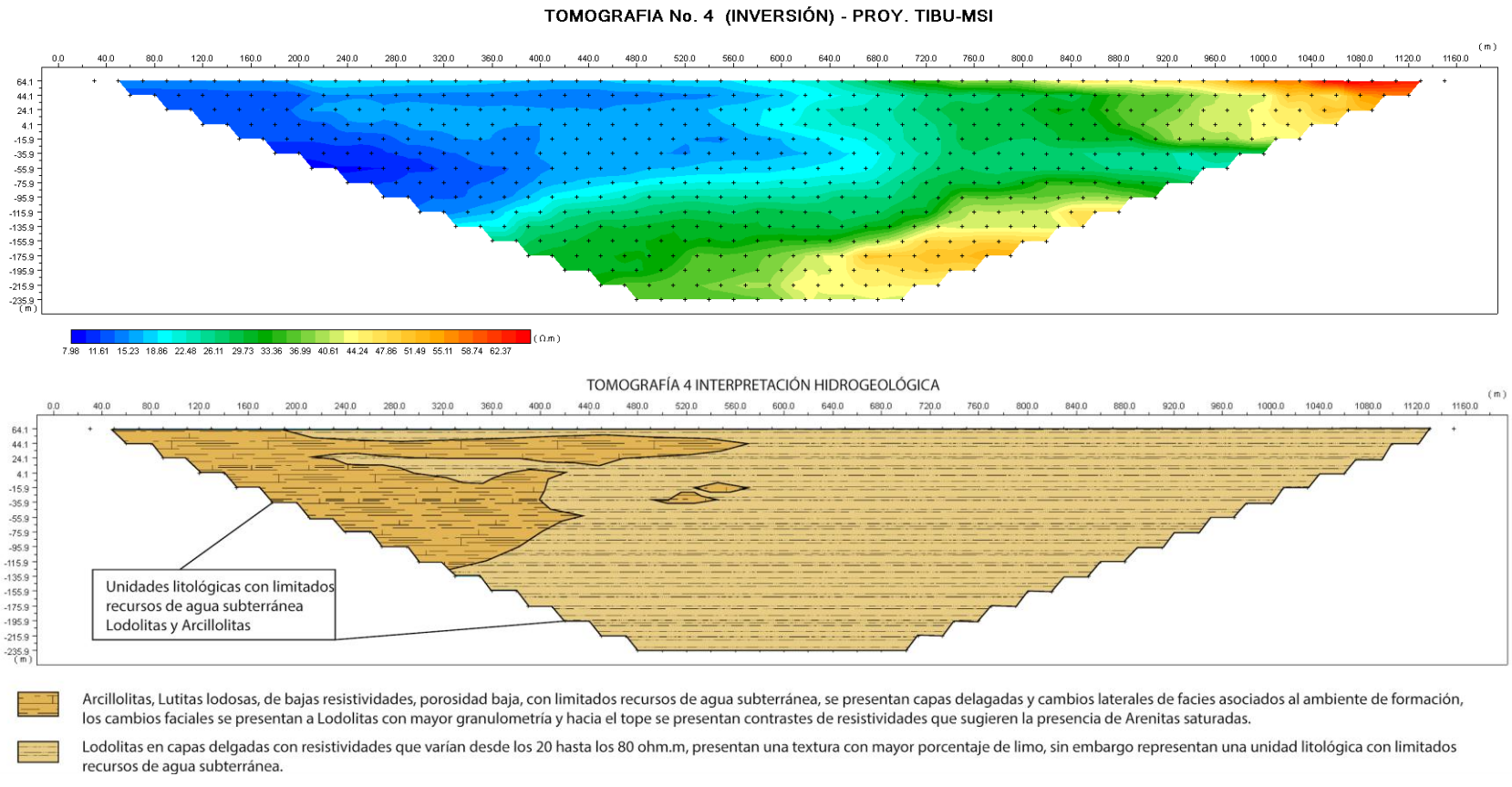


Figura 40 – Tomografía No 4 Interpretación Hidrogeológiac en el municipio de Tibú



Arcillolitas, Lutitas lodosas, de bajas resistividades, porosidad baja, con limitados recursos de agua subterránea, se presentan capas delagadas y cambios laterales de facies asociados al ambiente de formación, los cambios faciales se presentan a Lodolitas con mayor granulometría y hacia el tope se presentan contrastes de resistividades que sugieren la presencia de Arenitas saturadas.

Lodolitas en capas delgadas con resistividades que varían desde los 20 hasta los 80 ohm.m, presentan una textura con mayor porcentaje de limo, sin embargo representan una unidad litológica con limitados recursos de agua subterránea.

La interacción entre las fluctuaciones temporales del campo magnético terrestre y las rocas (eléctricamente conductivas) de la Tierra genera campos internos secundarios, ambos eléctrico y magnético.
Las mediciones de los campos primarios y secundarios pueden ser usadas para investigar la estructura de conductividad de la Tierra, sobre profundidades de unos metros hasta el manto inferior.
La conductividad puede ser usada para inferir las propiedades físicas y químicas de la Tierra, cosas como temperatura, fundidos naturales, presencia de agua y/o otras volátiles, tipo de minerales etc.
La inducción electromagnética es usada para varias aplicaciones en la geofísica: entre ellas la exploración de hidrocarburos y campos geotérmicos, la minería, el monitoreo de aguas subterráneas, estudios de volcanes, estudios de la composición de la Tierra.
En esta presentación enfocamos en el método magnetotelúrico (MT), que es una técnica pasiva que mide los campos eléctrico y magnético en la superficie de la Tierra para conocer la distribución en la conductividad debajo la superficie.
Las variaciones temporales en el campo magnético terrestre existen en un gran rango de frecuencias, de las frecuencias de radio hasta las inversiones del campo.
Los estudios de la inducción electromagnético solamente pueden usar los campos que están generados externamente por la interacción entre el campo magnético interno y el viento solar y/o la ionosfera ().

Para el método MT, los periodos apropiados son entre unas semanas hasta $\sim 1\times10^{5}$ Hz.

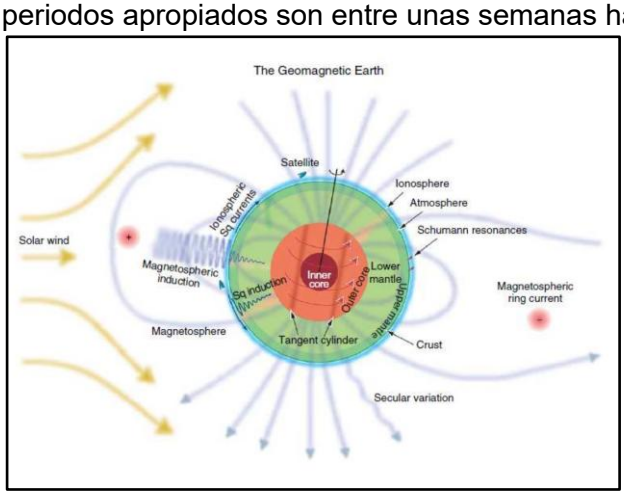
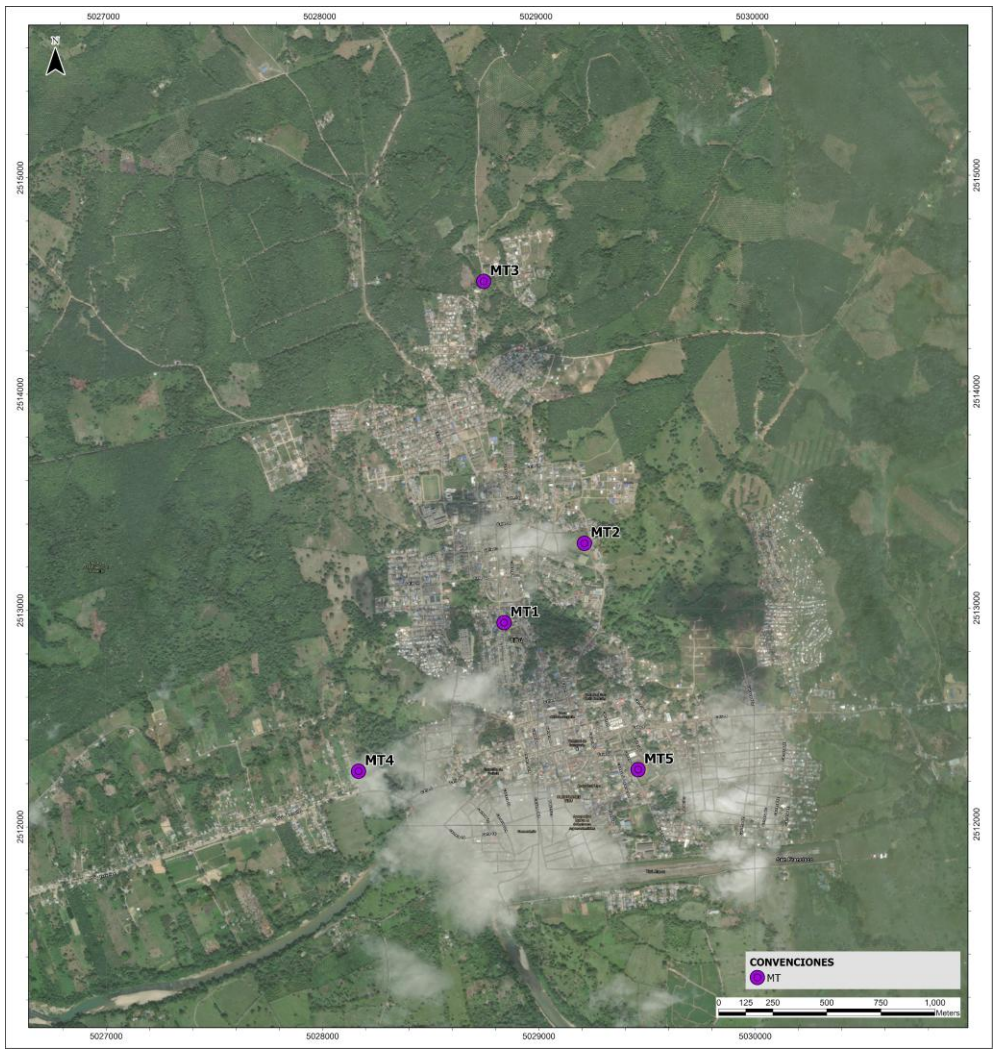


Figura 41 – Variaciones del campo magnético terrestre

Uno de los conceptos claves en la teoría de la inducción electromagnética es lo de la profundidad superficial (skin depth). Esa es la distancia vertical que los campos electromagnéticos pueden penetrar dentro de la Tierra.

Podemos derivar la profundidad superficial usando las leyes de Faraday y Ampere (ignoramos la corriente de desplazamiento, porque no es significativa a las frecuencias y conductividades en la inducción geomagnética).

Se planteó la adquisición de 5 Sondeos Magnetotelúricos (MT), de donde se pudieron construir secciones 2D, estas secciones serán insumo relevante en la propuesta de localización y profundidad de los pozos de agua para abastecimiento.



No.S-MT	LATITUD (ϕ)		LONGITUD (λ)		h. Elipsoidal	NORTE EPSG:3116	ESTE EPSG:3116
S_MT01	08° 38' 30.8000''	N	72° 44' 15.8000''	W	85	1447669.700	1147475.060
S_MT02	08° 38' 42.7000''	N	72° 44' 03.6000''	W	87	1448036.702	1147846.864
S_MT03	08° 39' 22.2000''	N	72° 44' 18.7000''	W	82	1449248.917	1147380.822
S_MT04	08° 38' 08.5000''	N	72° 44' 37.9000''	W	54	1446982.051	1146801.609
S_MT05	08° 38' 08.6000''	N	72° 43' 55.6000''	W	59	1446989.666	1148095.211

Figura 42 – Diseño y coordenadas de la adquisición de 5 Sondeos Magnetotelúricos (MT).

Estas coordenadas son referidas al elipsoide de revolución WGS84 – GRS 80, marco de referencia MAGNA – SIRGAS, origen Central Bogotá.
La cota fue calculada con el modelo geoide GEOCOL2004 para Colombia.

En esta adquisición dejamos un tiempo de registro equivalente a 1 Km de profundidad por sondeo, de esta forma poder generar perfiles 2D que pudieran aportar resistividades que se logren asociar a la ocurrencia o no del recurso hídrico subterráneo.

A continuación se presenta el procesamiento para cada sondeo magnetotelúrico, este consiste en realizar la inversión del campo observado:

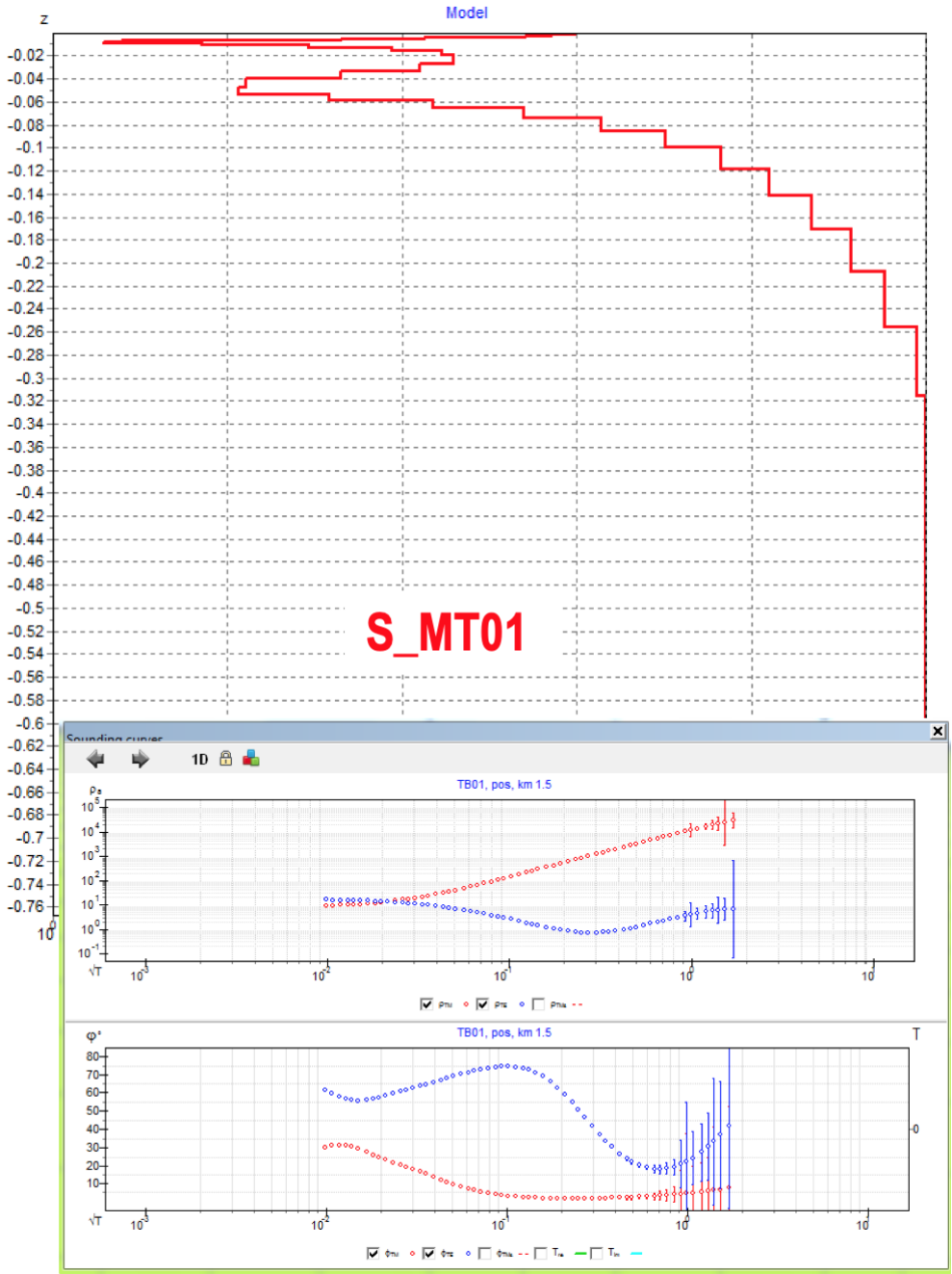


Figura 43 – Procesamiento Sondeo Magnetotelúrico (S_MT01)

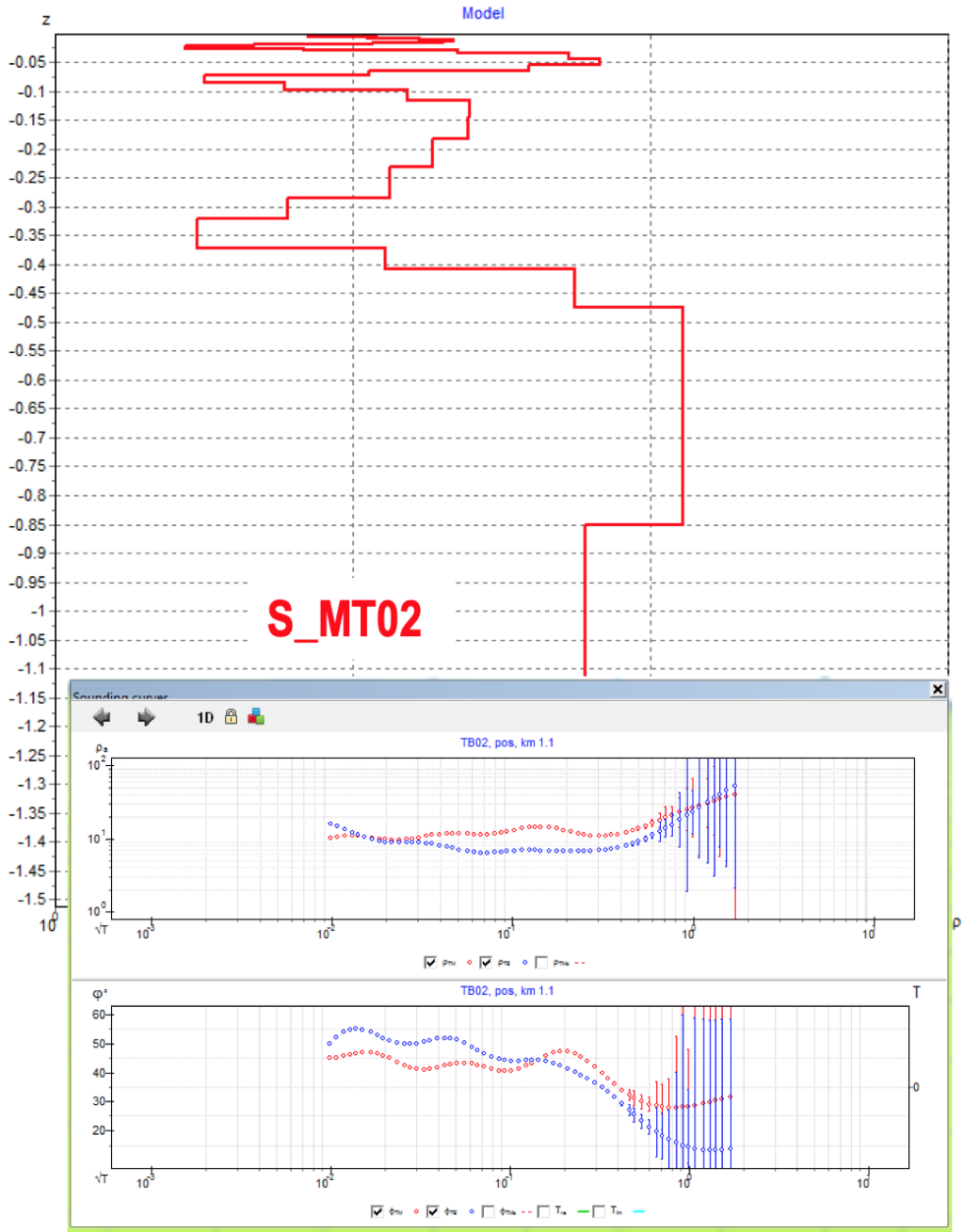


Figura 44 – Procesamiento Sondeo Magnetotelúrico (S_MT02)

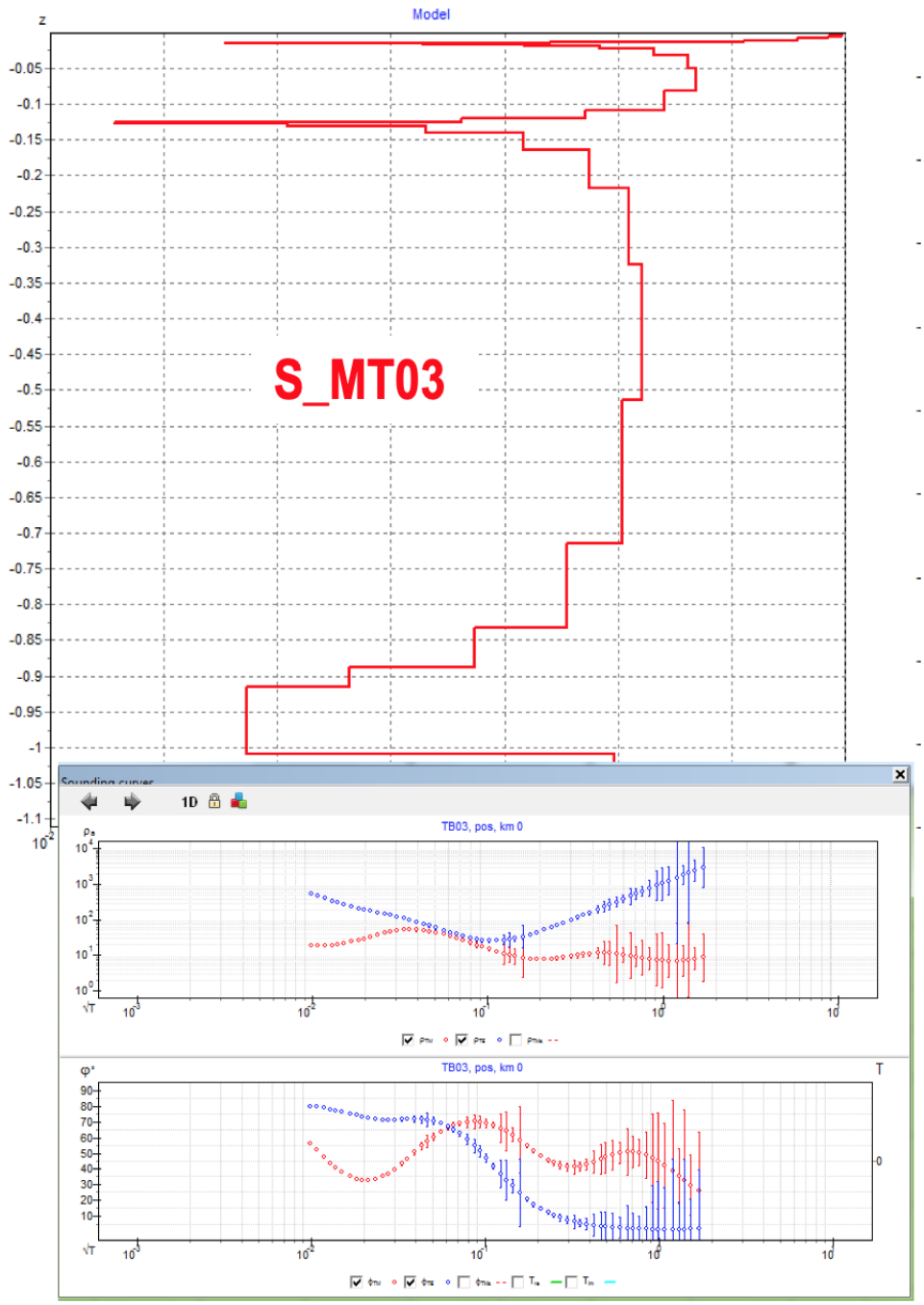


Figura 45 – Procesamiento Sondeo Magnetotelúrico (S_MT03)

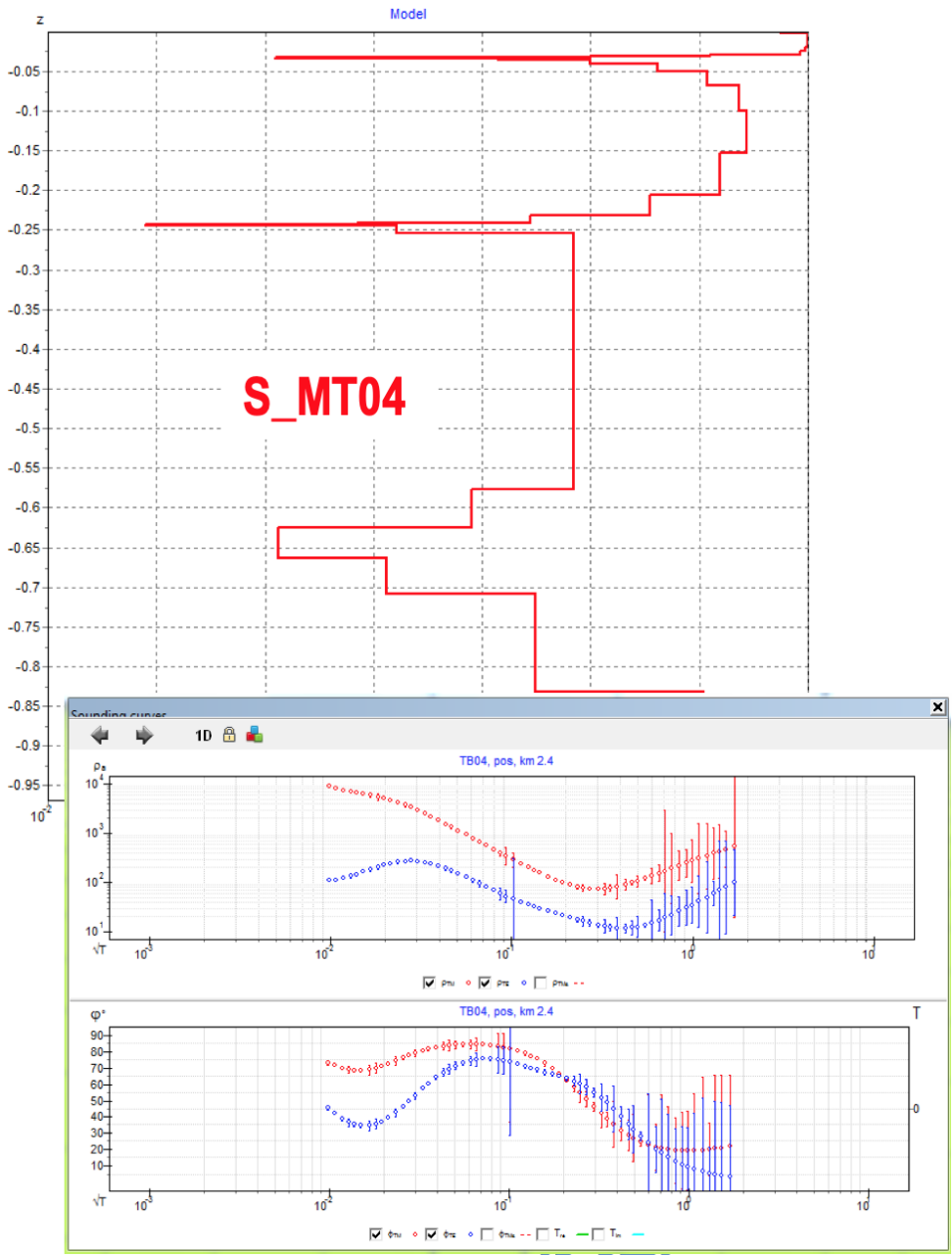


Figura 46 – Procesamiento Sondeo Magnetotelúrico (S_MT04)

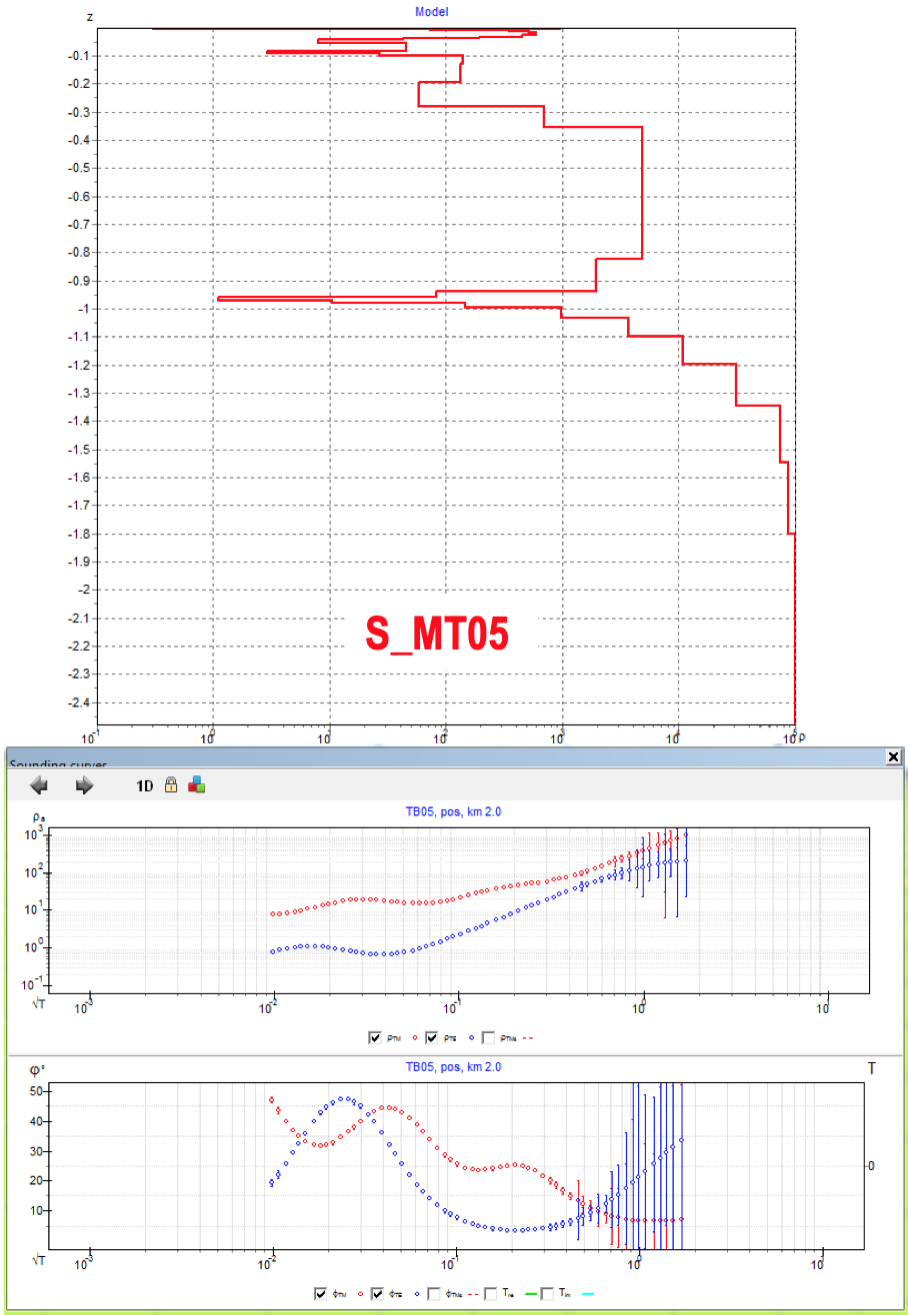


Figura 47 – Procesamiento Sondeo Magnetotelúrico (S_MT05)

Posterior a este procesamiento se realiza la construcción de los perfiles 2D, utilizando un interpolador acorde y coherente con las bondades del método, a continuación se presentan los perfiles 2D junto con la interpretación Hidrogeológica.

A continuación se observa la distribución espacial de los perfiles en el siguiente mapa.

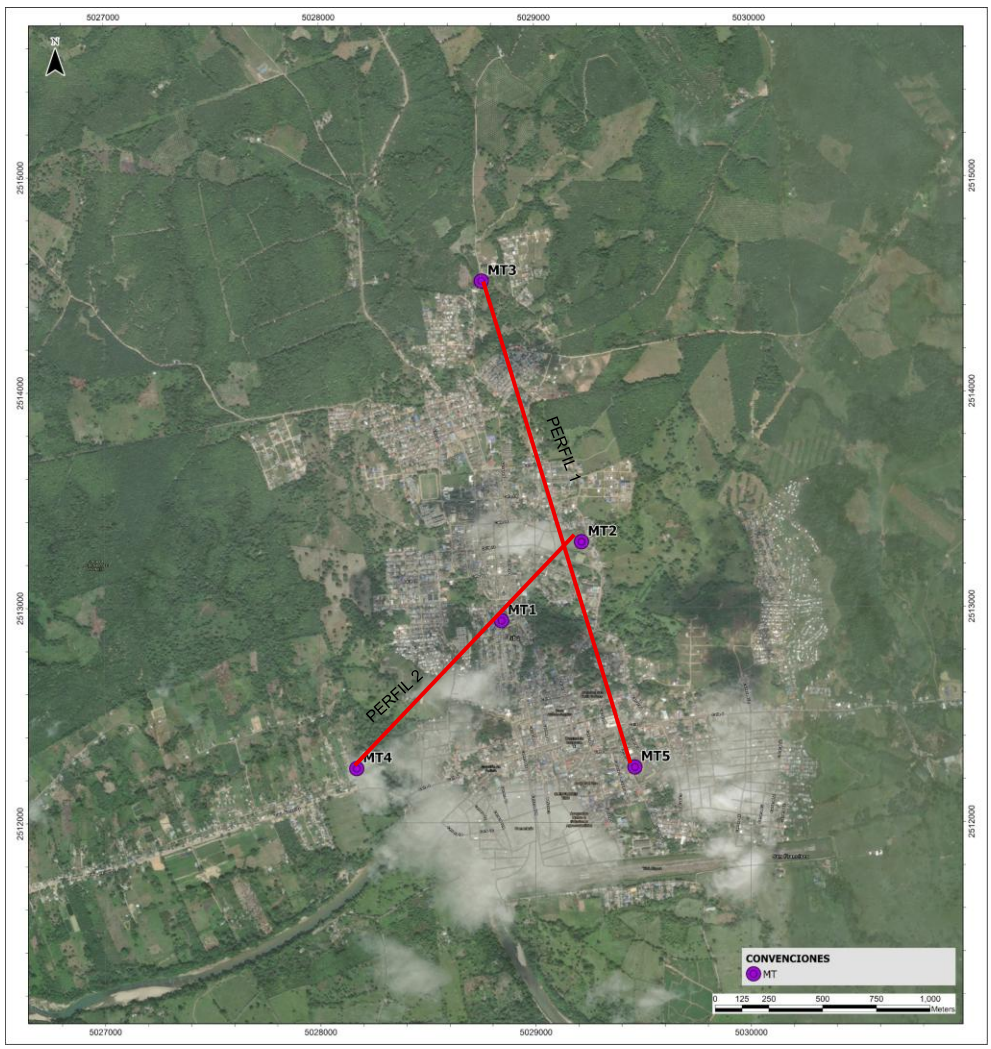


Figura 48 – Perfiles de inversión MT 2D - Tibu

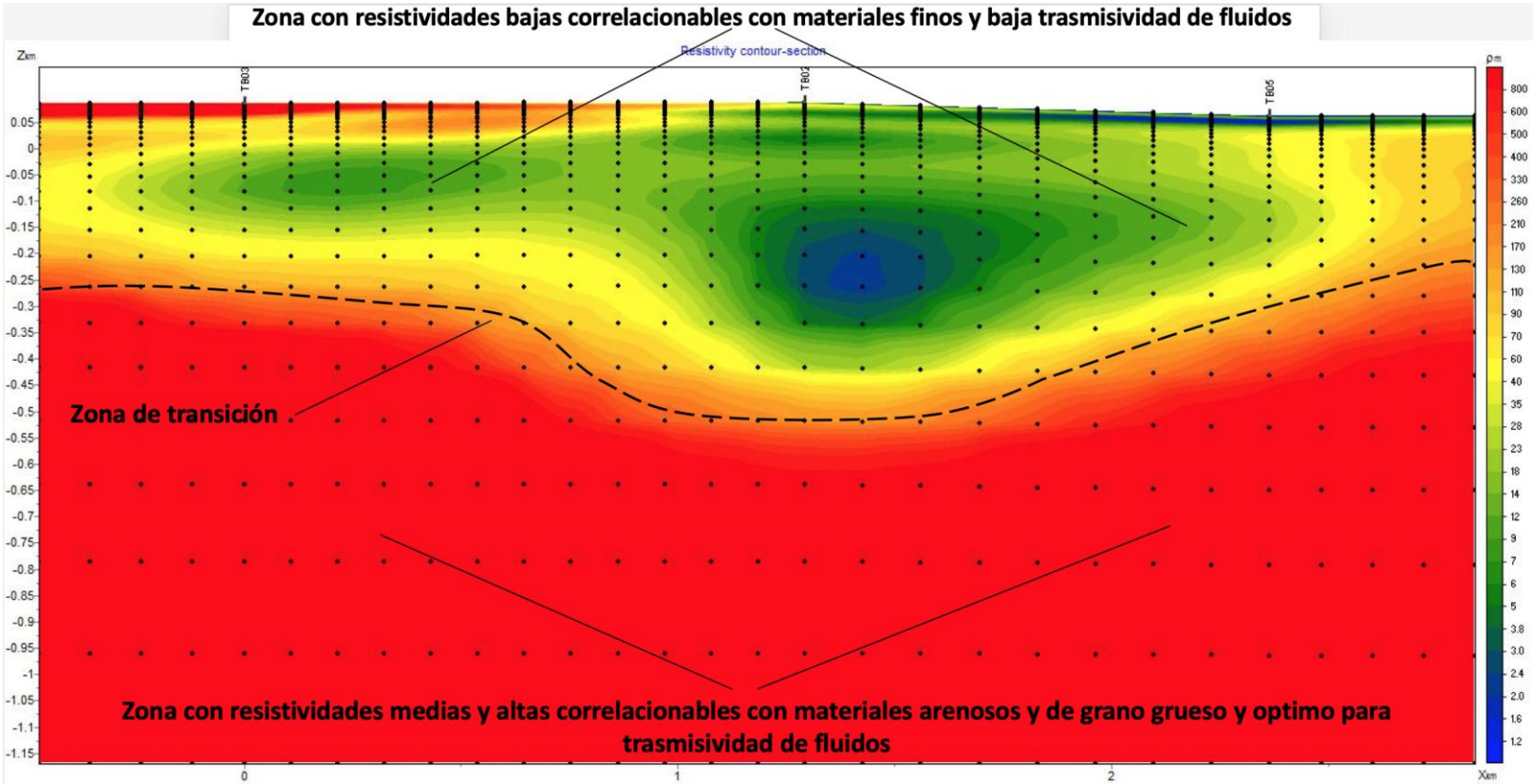


Figura 49 – Perfil 1 - Sección de resistividades 2D (S-MT03- S-MT02- S-MT05)

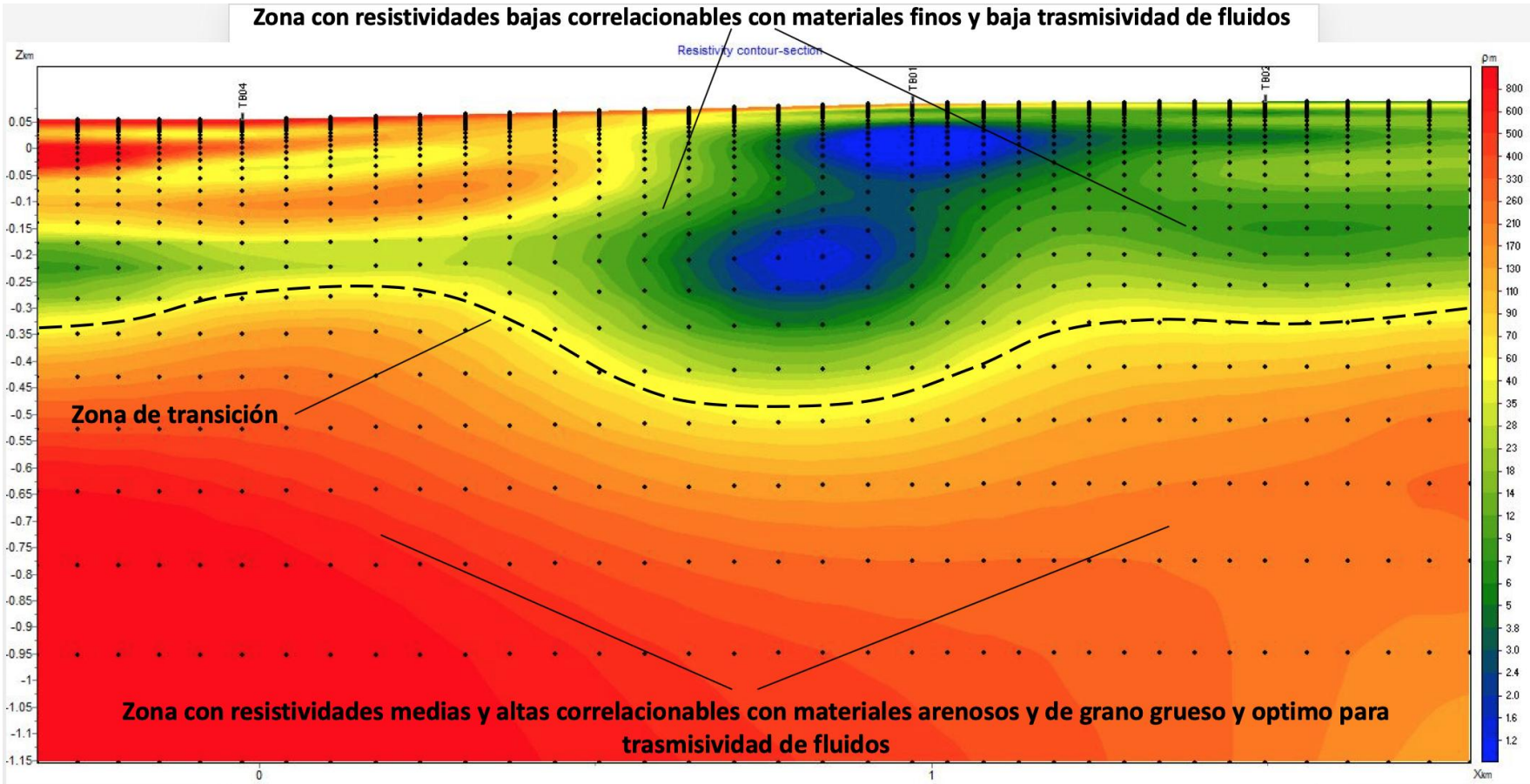


Figura 50 – Perfil 2 - Sección de resistividades 2D (S-MT04- S-MT01- S-MT02)

Los sondeos magnetotelúricos y las seciones 2D realizadas sugieren una zona de transición a partir de los 350 m de profundidad, en la parte superficial se observan resistividades bajas asociadas a materiales finos, por debajo de la zona de transición se observan resistividades mas altas asociadas con materiales de textura mas gruesa, Arenitas a Arenitas conglomeráticas con una conductividad hidráulica (K) alta.

5 DISEÑO MECÁNICO DE LOS POZOS A PERFORAR Y DEFINICIÓN EXACTA DE LOS SITIOS A PERFORAR Y PROFUNDIDAD DE LOS ACUÍFEROS Y DEL POZO A PERFORARSE. (DE CAPTACIÓN DE AGUA).

Para esta actividad se presentan el diseño y presupuesto de los pozos con base en la interpretación realizada de la fase de adquisición de datos geofísicos esto con el objetivo de integrar la información litológica, estructural, geomorfológica y geofísica.

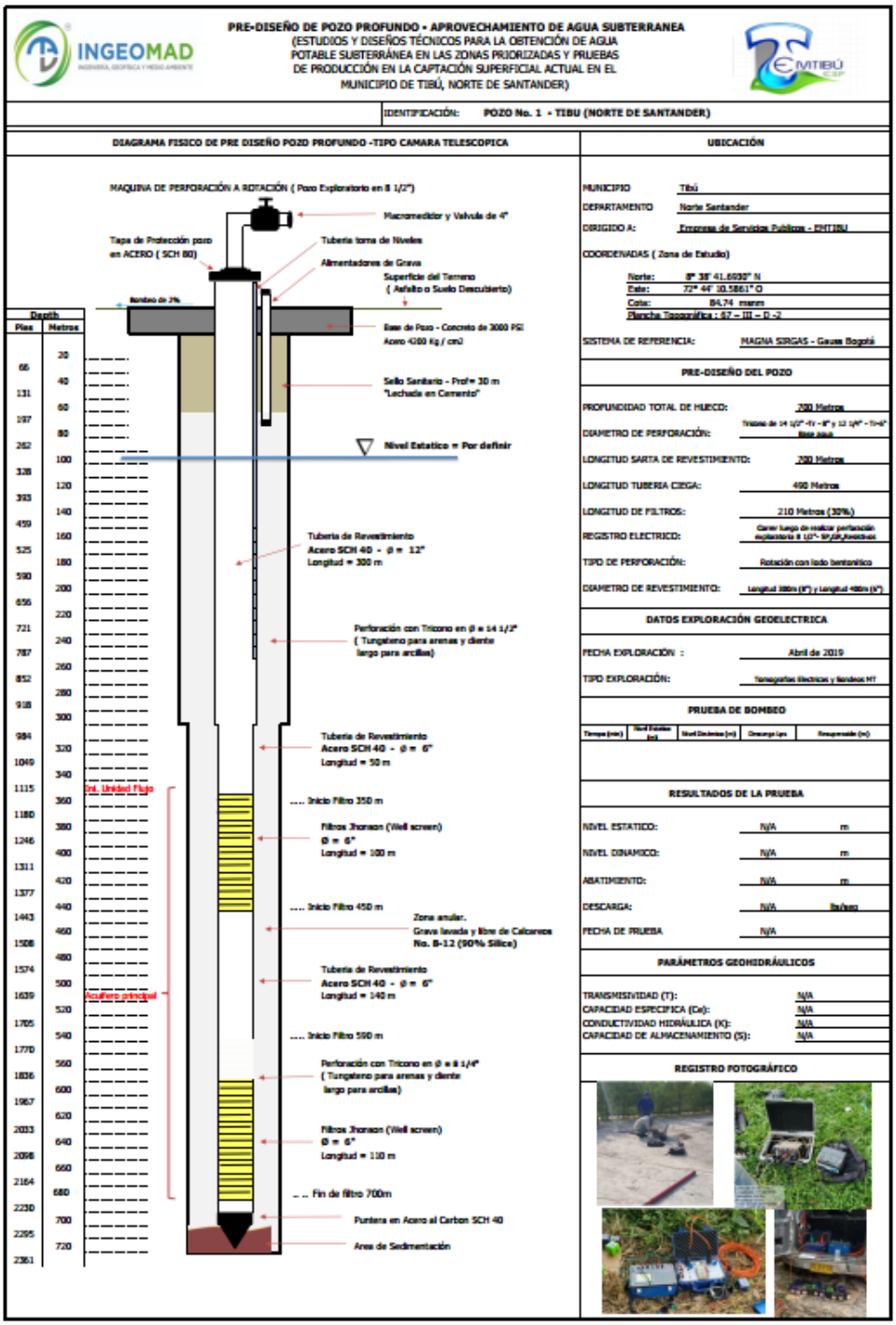


Figura 51. Pre diseño Pozo profundo – TIBÚ (NS).

6 PUNTOS DE AGUA EXISTENTES EN EL AREA

En el área de estudio se encuentra un único punto de agua subterránea el cual es perteneciente a la empresa EMTIBÚ (Empresa de servicios públicos del municipio) el cual sirve como fuente de abastecimiento.

El abastecimiento de agua subterránea es realizado mediante el pozo saltante localizado en la carrera 7 entre Calles 10 y 10ª (en predios de EMTIBÚ), vía Barrio Barco del municipio de Tibú. Se tiene licencia de concesión de aguas desde el año 2005 para un caudal de 18 L/s y la problemática encontrada con esta fuente es que el agua presenta alto contenido de hierro y brota a una temperatura de 60 ° C (Pozo artesiano).

- Profundidad del pozo 915 m.
- Formación Arenisca-Mirador
- Caudal medio de 18 L/s.
- Temperatura a la salida del pozo de 60°C



Figura 52. Pozo profundo – EMTIBÚ. Fuente: WSP 2016.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye que luego de revisar y analizar el marco geológico regional y local, así como las características litológicas, de porosidad y permeabilidad de las unidades presentes, la Formación Mirador contiene los niveles de Arenitas y Arenitas conglomeráticas apropiadas para constituir un sistema acuífero que pueda satisfacer las necesidades del municipio en términos de la demanda del recurso hídrico.

El estudio geomorfológico realizado sugiere la fuerte incidencia de un ambiente fluvial en la zona de estudio, la morfometría realizada indica que en la zona es favorable la infiltración del recurso hídrico al no presentar zonas con fuertes pendientes.

La adquisición y procesamiento de las tomografías geoeléctricas proporcionó herramientas para generar secciones 2D con resistividades correlacionalbes con la Formación León, estas Tomografías indican la presencia de materiales de textura fina asociada a arcillolitas y Lodolitas pertenecientes a la Formación León.

Las Tomografías Geoeléctricas sugieren la presencia de un nivel de Arenitas de grano fino con potencial para almacenar agua, sin embargo, al tratarse de una unidad de granulometría fina, la permeabilidad es muy baja, y la productividad de esta unidad no es significativa en comparación con la demanda del recurso hídrico subterráneo en el municipio.

La Realización de los Sondeos magnetotelúricos (MT), proporcionaron herramientas para poder generar una sección 2D des subsuelo, en donde se logra evidenciar una zona de transición que marca las bajas resistividades en las zonas más superficiales y zonas de resistividades correlacionables con unidades litológicas aptas para almacenar el recurso hídrico subterráneo.

El procesamiento, interpretación y modelamiento de datos de resistividad adquiridos en campo en el AREA URBANA DE TIBÜ (Departamento de Norte de Santander), permitió establecer una distribución de resistividades en arenas de la formación Mirador dispuestas en lentes con diferencias texturales, las cuales son correlacionales con la presencia de niveles acuíferos de TIPO CONFINADO de mediana productividad y capacidades especificas entre 1 a 2 l/s/m

Para la captación de agua subterráneas la unidad litológica con posibilidades para almacenar el recurso hídrico son los niveles de gravas y arenas con clastos de cantos y bloques matriz soportados en una matriz arenosa, la tomografía eléctrica, los sondeos MT y la interpretación geoeléctrica sugieren que la distribución de arena con buenas posibilidades de ocurrencia de agua subterránea presentan interés hidrogeológico, por lo tanto se sugiere perforar hasta llegar a los niveles más profundos de arenas de la formación Mirador.

Debido a que el método de geoeléctrico y métodos MT de resistividad es un método geofísico de superficie, el cual obtiene datos de resistividad del subsuelo de manera indirecta para posterior a ello correlacionarlos con la litología de las rocas presentes en el subsuelo, con dicho método NO es posible obtener la producción del pozo ni las permeabilidades de la rocas presentes en la zona de estudio, por tanto la cantidad y calidad del agua obtenida depende de las características del manto acuífero perforado. Para conocer la capacidad de producción de agua del pozo se requiere

realizar una prueba de bombeo al pozo realizado, correr registros RMN o estimar las permeabilidades mediante ecuación de Timur.

Se sugiere realizar la perforación de un pozo exploratorio profundo a una profundidad de 700 m, localizado en cercanías a los puntos de ubicación de los sondeos S_MT04 y S_MT03, estos puntos corresponden a las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia del recurso hídrico subterráneo y que se encuentran más próximas a la superficie.

Como segunda alternativa, se sugiere realizar la perforación de un pozo exploratorio a una profundidad de 850 m localizado en cercanías al S_MT02, este punto aunque presenta mayor profundidad en los acuíferos de interés garantiza menor distancia a la actual PTAP y por ende menor longitud en la futura linea de aducción.

No se recomienda llevar a cabo la perforación en el S_MT01 ya que el pozo actual que abastece la planta de tratamiento y un futuro pozo a construir tan cercanos uno entre otro, pueden presentar problemas en los conos de abatimiento y los radios de influencia de cada uno de estos.

En los puntos recomendados se debe perforar hasta llegar a los 700 metros (S_MT04 y S_MT03) y 850 metros (S_MT02) en diámetro de exploración de 8 ½" en TVD (True Vertical Depth) y posterior a ello correr registros eléctricos (Potencial Espontaneo – Rayos Gamma Natural – Resistividad), y así definir con mayor certeza los cambios de facies estratigráficas asociadas a mantos acuíferos.

Para llevar a cabo la perforación exploratoria en su etapa de construcción se requiere un área de 50m x 50m (Area para facilidades de maquinaria y equipos, tuberia, etc.), posterior a ello el área final requerida para el pozo y caseta de bombeo (si se requiere – por ser acuifero confinado y área de pozos artesianos), es de 20m x 20 m las cuales garantizan un area de maniobra adecuada para mantenimientos y mejoras a futuro.

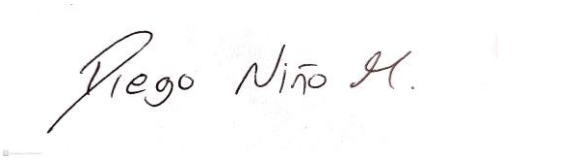
Teniendo las zonas recomendadas (sondeos S_MT02, S_MT04 y S_MT03) para llevar a cabo la perforación exploratoria se relaciona obtener el numero Catastral y Matricula inmobiliaria del cada uno de los predios donde se encuentran dichos zonas. Esta información debe ser obtenida mediante los registros de catastro municipal (IGAC) y es de gran importancia para llevar a cabo las gestiones de negociación y desenglobes de las areas necesarias para la construcción del futuro pozo.

De acuerdo a la necesidad se recomienda tener en cuenta en el presupuesto futuro de obra, construcción de caseta de bombeo para instalaciónes electricas – facilidades electricas para energizar sistema de bombeo (si el pozo debe llevar bombeo), cerramiento perimetral del área con puerta de acceso del con tuberia, malla eslabonada, viga de amarre perimetral en concreto o mampostería estructural y concertina. (Teniendo en cuenta la Norma de construcción vigente NSR-10).

Si el futuro pozo debe llevar bombeo, antes de llevar a cabo la perforación exploratoria en las zonas recomendadas (sondeos S_MT02, S_MT04 y S_MT03), se recomienda solicitar a la entidad electrificadora correspondiente del municipio las viabilidades del suministro de energía eléctrica para dichas zonas. (Energía necesaria para sistema de bombeo e iluminación).

Para la linea o tubería de conducción del futuro pozo propuesto a la planta de tratamiento de agua potable actual o a la actual tubería de conducción (Bocatoma – Planta de tratamiento), se debe

contemplar un análisis y diseño hidrá33ulico que considere perdidas de presión, diametro de conducción (Similar al establecido en el diseño de bombeo de la tubería de descarga del pozo) y demás parámetros de diseño hidráulico que cumpla con la Norma Colombiana RAS2000.
Pasado un mes de que el pozo se encuentre en producción luego de perforado, se recomienda realizar análisis físico- químico a una muestra de agua que haya sido captada del pozo.



Diego Niño Martinez
Geólogo
C.C 1052407476
M.P. D-6405

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rolon, L. F., Lorenzo, J., Lowrie, A., & Barrero, D. (2001). *Thrust, kinematics and hydrocarbon migration in the middle Magdalena Basin, Colombia, South America.* Houston: 21st Annual GCS-SEPM Conference.

Barrero, D., Pardo, A., Vargas, C., & Martínez, J. (2007). *Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology, a New Proposal.* Bogotá: AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (A.N.H.).

Urrego, G., & Sánchez, J. (2011). *Sismicidad Asociable a la Falla de Bogotá.* Bogotá: Sociedad Colombiana de Geología.

Irving, E. (1971). *La evolución estructural de los Andes mas septentrionales de Colombia.* Bogotá: INGEOMINAS.

Gómez, H. (1991). *La Paleomegacizalla Transversal de Colombia, Base de un nuevo Esquema Geotécnico.*

Cooper, M., Addison, F., Álvarez, R., Coral, M., Graham, R., Hayward, A., . . . Taborda, A. (1995). *Basin development and tectonic history of the llanos basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia.*

Acosta, J. (2002). *Structure, tectonics and 3D models of the Western foothills of the Eastern Cordillera and Middle Magdalena Valley, Colombia.* Bogotá: INGEOMINAS, Pub. Geol. Esp., 25.

Sarmiento, L. (2002). *Mesozoic rifting and Cenozoic basin inversion history of the Eastern Cordillera, Colombian Andes.*

Duque-Caro, H. (1980). *Geotectónica y Evolución de la región Noroccidental Colombiana.*

INGEOMINAS. (2002). *GEOLOGIA DE LAS PLANCHAS 40 BOSCONIA Y 47 CHIRIGUANÁ.* Bogotá.

Forero, A. (1970). Estratigrafia del Precretacéo en el flanco occidental de la Serrania de Perijá. *Geologoa Colombiana No 7 - Universidad Nacional de Colombia*, 7-78.

Garcia, C. (1990). *Proyecto Casar - Rancheria, Informe Final, Tomo IV Integracion, Tomo V Prospectos.* Bogotá: Ecopetrol S.A.

Renz, O. (1960). Geología de la parte sureste de la Peninsula de Guajira (República de Colombia). *Memorias del III Congreso Geológico Venezolano* (págs. 317-346). Bogotá: Boletín Geológico, Publicación Especial.

Garner, C. (1926). General Oil Geology of Colombia. *bulletin american association of petroleum geologists vol 11*, 151-156.

De Porta, J. C. (1974). Lexico Estratigrafico Internacional Vol V. América Latina. Colombia, Terciario y Cuaternario. *Fascículo 4B.*, 689.

Notestein, B. H. (1944). Geology of The Barco Concession, Republic of Colombia, South America. *Bulletin of the Geological Society of America Volumen 55*, 1165-1215.

Ecopetrol - ICP. (1990). *Proyecto Cesar Rancheria Tomo 1, Geología.* Piedecuesta, Santander.: Ecopetrol.

EMPRESAS MUNICIPALES DE TIBU ESP
CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 018 de 2025

INFORME DE DISEÑO
LÍNEA DE IMPULSIÓN ACUEDUCTO

TIBÚ, NORTE DE SANTANDER
2026

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 5
1.1. LOCALIZACIÓN 5
1.2. MORFOLOGÍA 7
1.3. NORMATIVIDAD 8
2. POBLACIÓN Y DEMANDA DE AGUA 8
2.1. INFORMACIÓN DE REFERENCIA 8
2.2. LINEAMIENTOS GENERALES 8
2.3. CÁLCULO POBLACIÓN 9
2.3.1 Información Básica Censal 9
2.3.2 Población Flotante 11
2.3.3 Proyección de Población 11
2.3.4 Población de Diseño 18
2.4. ESTUDIO DE DEMANDA DE AGUA 20
2.4.1 Dotación Neta 20
2.4.2 IANC 21
2.4.3 Dotación Bruta 21
2.4.4 Proyección de Demandas de Agua 25
2.5. PERIODO DE DISEÑO 28
3. PARÁMETROS DE DISEÑO 28
3.1. CAUDALES DE DISEÑO 29
3.2. VELOCIDAD MÍNIMA DE TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN Y ADUCCIÓN 30
3.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS TUBERÍAS. 30
4. DISEÑO LÍNEA DE IMPULSIÓN ACUEDUCTO 30
4.1. DETERMINACIÓN DIÁMETRO DE TUBERÍA 31
4.2. MODELO HIDRÁULICO 33
5. GOLPE DE ARIETE 39

5.1. PARÁMETROS DE DISEÑO 40
5.1.1 Espesor de Tuberías 40
5.1.2 Velocidad Ondas de Presión 40
5.2. ANÁLISIS DEL GOLPE DE ARIETE 41
5.3. ELEMENTOS DE CONTROL 42
5.4. INSTALACIÓN DE SOLUCIÓN 43
6. ANEXOS 46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Localización Global Zona de Estudio – Zona Urbana Tibú (Norte de Santander) .6
Figura 1-2. Fotografías área de estudio 7
Figura 2-1. Proyecciones de Población.....17
Figura 2-2. Población Estimada 20
Figura 2-3. Curvas de Demandas.....28
Figura 4-1.Esquema línea de impulsión.....31
Figura 4-2. Línea piezométrica y las cotas de la tubería de la Línea de Impulsión 39
Figura 5-1. Elementos de control 42
Figura 5-2. Montaje típico tanque hidroneumático.....43
Figura 5-3. Instalación válvula de ventosa en vista planta y corte 44

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Censos DANE población urbana.....10
Tabla 2-2 Proyecciones de Población-DANE 2018-2035 10
Tabla 2-3 Tasas de Crecimiento.....13
Tabla 2-4 Promedio de últimas tres tasas positivas.....14
Tabla 2-5 Tasas Seleccionadas para la Proyección.....14
Tabla 2-6 Resultado Estimación de Poblaciones por los diferentes Métodos 15
Tabla 2-7 Población Estimada Método Geométrico.....18
Tabla 2-8 Dotaciones Máximas.....20
Tabla 2-9 Proyecciones de Población y Dotaciones.....22
Tabla 2-10 Proyección de Población y Demandas Máximas. 26
Tabla 3-1 Caudales de diseño 29
Tabla 5-1.Cálculo de velocidad de la onda de presión 41
Tabla 5-2. Características generales de equipos y elementos a instalar 44

1. GENERALIDADES

En el marco del proceso de optimización del sistema de acueducto de la zona urbana del municipio de Tibú, en el departamento de Norte de Santander, el presente informe aborda el diseño de una línea de impulsión vinculada a un pozo profundo, proyectado en el sector de la calle 13 con carrera 8.

El objetico principal del documento es establecer los caudales de diseño, definir los parámetros técnicos y presentar las especificaciones de la línea de impulsión, de conformidad con la normatividad vigente. El informe se desarrolla bajo la siguiente estructura temática:

- Información general del área del proyecto: localización, morfología y normativa aplicable.
- Estudio de Población y Demandas de Agua: se realizan la proyecciones de población y se calculan las demandas de agua, con base en la normativa vigente, para determinar el caudal de diseño.
- Parámetros de Diseño: se relacionan los criterios que se consideran en el dimensionamiento y trazado de la línea de impulsión.
- Diseño Línea de Impulsión: se describen los trazados de la línea de impulsión, las interferencias y se muestran los cálculos para determinar el diámetro de la red.
- Golpe de Ariete: se realiza el análisis del transiente hidráulico y la determinación de los equipos o elementos de amortiguación.

Como anexos se presentan los planos de diseño, las memorias de cálculo y las especificaciones técnicas de materiales y de equipos.

1.1. LOCALIZACIÓN

La Figura 1-1 presenta la localización general del proyecto, indicando el municipio de Tibú, Norte de Santander, el área urbana y el predio donde se concentran las principales infraestructuras del sistema de acueducto relacionadas con el proyecto.

El proyecto se localiza en la zona urbana del municipio de Tibú, Departamento de Norte de Santander, el pozo profundo se construirá un el predio de la esquina de la calle 13 con carrera 8 y el agua se debe conducir hasta una planta de tratamiento; ubicada en un predio al costado norte de la calle 13 entre carrera 8 y 9.

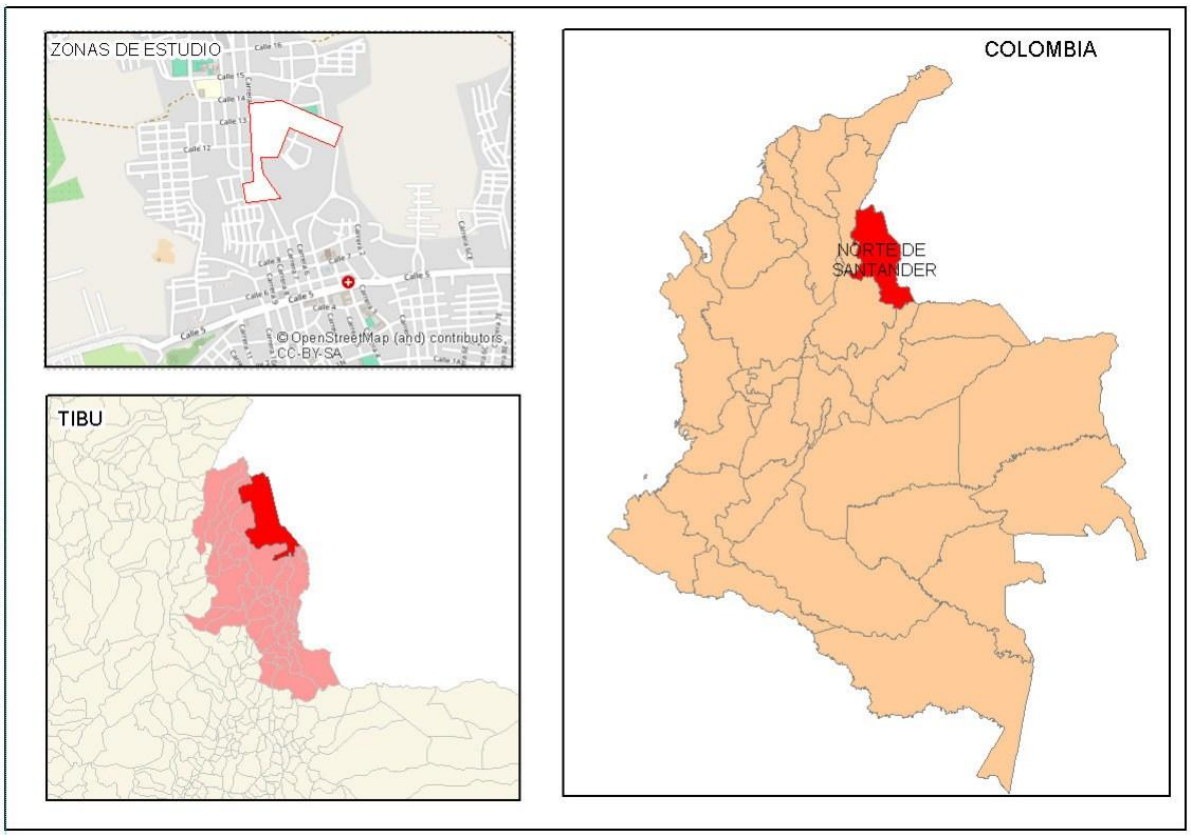


Figura 1-1. Localización Global Zona de Estudio – Zona Urbana Tibú (Norte de Santander)
Fuente: INGEOMAD SAS, 2025

1.2. MORFOLOGÍA

El corredor por donde se proyecta la línea de impulsión es una zona urbana, en un terreno plano, donde algunas vías se encuentran en afirmado y otras están pavimentadas.



Figura 1-2. Fotografías área de estudio
Fuente: INGEOMAD SAS. 2025

1.3. NORMATIVIDAD

- ✓ Resolución 0330 del 08 de junio de 2017 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las Resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009".

- Resolución 0799 del 09 de diciembre de 2021 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio "Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017".

2. POBLACIÓN Y DEMANDA DE AGUA

Se presenta el procedimiento para la estimación de la población, el cálculo de las dotaciones y las demandas de agua, con el propósito de determinar los caudales de diseño.

2.1. INFORMACIÓN DE REFERENCIA

En la elaboración del presente informe se verificó la información de los censos y proyecciones de población de la página web oficial del DANE, el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan de Desarrollo, además de información secundaria encontrada. A continuación, se enumeran los sitios web y los informes consultados:

- www.dane.gov.co Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Información Demográfica.
- www.sisben.gov.co Departamento Nacional de Planeación. Sistema de identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales. Reportes Base Certificada.
- Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Tibú – Norte de Santander.
- Plan de Desarrollo Municipal 2024-2027. *"Una Nueva Forma de Gobernar".*
- Manual de buenas prácticas RAS actualización 2016 - 2017.
- Experiencia del Consultor.

2.2. LINEAMIENTOS GENERALES

- La población inicial será determinada a partir de los datos del Censo del 2018 reportado por el DANE, estimando la población para el año 2025. Se realizan las proyecciones a partir de este año hasta llegar al periodo de diseño.
- Para seleccionar la tasa de crecimiento del primer periodo se calcula el comportamiento de las tasas intercensales que tengan valores positivos; es decir, si la tasa de crecimiento en alguno de los períodos es negativa, no se tendrá en cuenta

para la estimación. La tasa seleccionada, se aproximará a la tasa de crecimiento del último periodo proyectado por el DANE para la ciudad.

- El año inicial para el periodo de diseño, se tomó como 2026, año de ejecución de las obras.
- El horizonte de diseño será de 25 años según lo definido en el artículo 40 de la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017.
- Para seleccionar la tasa de crecimiento entre el año 1985 y el 2025 se valoró el comportamiento de las tasas intercensales de censos, para seguir las tendencias de crecimiento que se han presentado en el municipio a lo largo de su desarrollo.
- La población flotante se estimó como un 10% de la población residencial.
- Las pérdidas técnicas máximas permisibles se toma un valor del 25% para todos los años según lo establecido en el artículo 44 de la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017.
- Para el cálculo de la Dotación Neta Actual, y dado que no se cuenta con información Empresa de Servicio Públicos, se tomó lo indicado en la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017.
- La Dotación Neta de la población flotante, se estimará como un porcentaje de la dotación neta asignada a la población residente.
- La Dotación de Otros Usuarios, se determinará a partir de la información del municipio.

2.3. CÁLCULO POBLACIÓN

Para realizar el cálculo de la población se utiliza como dato inicial la población determinada en el Censo de 2018 elaborado por el DANE.

2.3.1 Información Básica Censal

La información base es la consignada en el censo de 2018 (*ver Anexo 3)* del DANE, adicionalmente se recolectaron los datos de los censos anteriores con el objetivo de determinar las tasas de crecimiento del municipio. A continuación, se presenta la información del DANE referente a los censos de diferentes años. (Ver Tabla 2-1).

Tabla 2-1. Censos DANE población urbana

AÑO	POBLACIÓN URBANA
[AAAA]	[Hab.]
1985	9251
1993	10961
2005	11711
2018	19627

Fuente. DANE

Para determinar la tasa de crecimiento anual se utilizó la siguiente ecuación:

$$Tc_i(\%) = \frac{P_i - P_{i-1}}{P_i} * 100$$

Dónde:

Tci: Tasa de crecimiento correspondiente al año i.

Pi: Población del año que se está determinando.

Pi-1: Población del año anterior al que se está determinando.

Adicionalmente, se presentan las proyecciones de población realizadas por el DANE, desde 2018 hasta 2035, utilizando la ecuación anteriormente relacionada. (Ver Tabla 2-2)

Tabla 2-2 Proyecciones de Población-DANE 2018-2035

Año	Población	Tasa
(AAAA)	Hab	(%)
2018	19,627	5.11%
2019	20,683	3.75%
2020	21,488	3.01%
2021	22,155	1.22%
2022	22,429	0.90%
2023	22,632	0.56%

2024	22,759	0.44%
2025	22,859	0.41%
2026	22,952	0.40%
2027	23,045	0.45%
2028	23,150	0.39%
2029	23,240	0.37%
2030	23,326	0.39%
2031	23,418	0.32%
2032	23,492	0.27%
2033	23,555	0.32%
2034	23,631	0.27%
2035	23,696	---

Fuente. DANE 2018.

2.3.2 Población Flotante

Corresponde a la fracción poblacional no residente del municipio, que centra sus actividades en el turismo, comercio y/o industria en el área de estudio y que a su vez genera una sobrecarga a la infraestructura del municipio, en este caso para el sistema de acueducto. Así las cosas, se debe ajustar el valor estimado de la población para tener en cuenta el aumento de población debido a esta condición.

El potencial de población flotante que alberga el municipio de Tibú corresponde normalmente a la población oriunda que ha migrado a otras zonas y visita la región en temporada vacacional. Este fenómeno se da especialmente en las temporadas altas, como lo son: semana santa, festividades y fin de año; por lo tanto, se ajustan las proyecciones en un 10% de la población del casco urbano. Estos incrementos se realizaron para todos los métodos de estimación expuestos, proyectados en el horizonte de diseño 2026-2050.

2.3.3 Proyección de Población

Subiendo el Manual de Buenas Prácticas del RAS, Título B, se realizan las proyecciones de población por los métodos aritmético, geométrico y exponencial.

– *Proyección método aritmético*

Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})$$

Donde, P_f es la población (hab) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población, P_{uc} es la población (hab) correspondiente al último año censado con información, P_{ci} es la población (hab) correspondiente al censo inicial con información, T_{uc} es el año correspondiente al último año censado con información, T_{ci} es el año correspondiente al censo inicial con información y T_f es el año al cual se quiere proyectar la información.

La pendiente de la línea de crecimiento se calcula con la siguiente ecuación:

$$m = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$$

– *Proyección método geométrico*

Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{(T_f - T_{uc})}$$

Donde r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual que para el método anterior.

La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$$

– *Proyección método exponencial*

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} * e^{k*(T_f - T_{ci})}$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{Ln(P_{cp}) - Ln(P_{ca})}{(T_{cp} - T_{ca})}$$

Donde P_{cp} es la población del censo posterior, P_{ca} es la población del censo anterior, T_{cp} es el año correspondiente al censo posterior, T_{ca} es el año correspondiente al censo anterior y Ln el logaritmo natural o neperiano.

– *Comparación de métodos y adopción del método de proyección*

Con los datos de población establecidos por el DANE para cada uno de los censos, se calcularon las tasas de crecimiento demográfico intercensales para el método geométrico, el método exponencial y la pendiente de la línea para el método aritmético. En la Tabla 2-3 se muestran los valores para los diferentes periodos, correspondientes a la zona urbana del municipio de Tibú.

Tabla 2-3 Tasas de Crecimiento

TASAS DE CRECIMIENTO			
Período	**Aritmético**	**Geométrico**	**Exponencial**
	Pendiente	**r**	**k**
1985-1993	213.75	2.14%	2.12%
1993-2005	62.50	0.55%	0.55%
2005-2018	608.92	4.05%	3.97%

Fuente: INGEOMAD SAS. 2025.

Como se puede apreciar en la Tabla 2-3 la tasa de crecimiento muestra siempre es positiva, para el periodo 1993 – 2005 se presenta la menor tasa de crecimiento, que se puede atribuir a los diferentes episodios de violencia que afronto el país, que generaron procesos de desplazamiento masivo al interior del país. En el periodo 2005 y 2018 se produjo un crecimiento en la tasa de población debido a la reactivación de la economía y a disminución de la violencia. Dado que se tienen tasas de crecimiento positivas, se establece el promedio como se muestra a continuación en la Tabla 2-4

Tabla 2-4 Promedio de últimas tres tasas positivas

TASAS DE CRECIMIENTO			
Período	**Aritmético**	**Geométrico**	**Exponencial**
	Pendiente	**r**	**k**
1985-1993	213.75	2.14%	2.12%
1993-2005	62.50	0.55%	0.55%
2005-2018	608.92	4.05%	3.97%
Promedio	213.75	2.14%	2.12%

Fuente: INGEOMAD SAS. 2025.

Teniendo en cuenta que la tendencia de las tasas, tanto nacionales como departamental, es a disminuir y este proceso se acentúa al llegar a los escenarios de saturación; se proyectan las tasas con una disminución en el tiempo hasta llegar a la última tasa proyectada por el DANE para el período 2018 – 2035; lo anterior, con los siguientes criterios:

- La tasa seleccionada inicialmente es la correspondiente al promedio mostrado en la tabla Tabla 2-4
- En los siguientes periodos se disminuirá la tasa de crecimiento proporcionalmente al número de periodos, hasta llegar a la última tasa de crecimiento prevista por el DANE.

Las tasas seleccionadas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2-5 Tasas Seleccionadas para la Proyección

TASAS SELECCIONADAS			
Aritmético	**Geométrico**	**Exponencial**	**Periodo de**
Pendiente	**r**	**k**	**Años**
295.06	2.25%	2.21%	2026 - 2030
230.48	1.76%	1.73%	2031 - 2035
165.89	1.26%	1.24%	2036 - 2040

TASAS SELECCIONADAS			
Aritmético	**Geométrico**	**Exponencial**	**Periodo de**
Pendiente	**r**	**k**	**Años**
101.31	0.77%	0.76%	2041 - 2045
36.73	0.28%	0.27%	2046 - 2050

Fuente: INGEOMAD SAS. 2025.

Los datos de proyección de la población por cada uno de los métodos se muestran en las siguientes tablas, donde la columna P+PF corresponde a la proyección de la población adicionando el porcentaje respectivo correspondiente a la población flotante, para ver el detalle de los cálculos ver el anexo.

El dato de población inicial será el correspondiente al año 2018.

Tabla 2-6 Resultado Estimación de Poblaciones por los diferentes Métodos

AÑO	Método Aritmético		Método Geométrico		Método Exponencial	
	Población	P+PF	Población	P+PF	Población	P+PF
	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]
2018	19627	21590	19627	21590	19627	21590
2019	19922	21915	20068	22075	20066	22073
2020	20217	22239	20519	22571	20515	22567
2021	20512	22564	20981	23080	20975	23073
2022	20807	22888	21453	23599	21444	23589
2023	21102	23213	21935	24129	21925	24118
2024	21397	23538	22429	24672	22416	24658
2025	21692	23862	22933	25227	22918	25210
2026	21987	24187	23449	25794	23431	25775
2027	22283	24511	23977	26375	23956	26352

AÑO	Método Aritmético		Método Geométrico		Método Exponencial	
	Población	P+PF	Población	P+PF	Población	P+PF
	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]
2028	22578	24836	24516	26968	24492	26942
2029	22873	25160	25067	27574	25040	27544
2030	23168	25485	25631	28195	25601	28162
2031	23398	25738	26081	28690	26047	28652
2032	23629	25992	26539	29193	26501	29152
2033	23859	26246	27005	29706	26963	29660
2034	24090	26499	27480	30228	27433	30177
2035	24320	26753	27963	30760	27911	30703
2036	24486	26935	28316	31148	28259	31085
2037	24652	27118	28674	31542	28613	31475
2038	24818	27300	29037	31941	28970	31867
2039	24984	27483	29404	32345	29332	32266
2040	25150	27665	29776	32754	29699	32669
2041	25251	27776	30005	33006	29924	32917
2042	25352	27888	30237	33261	30151	33167
2043	25453	27999	30471	33519	30380	33418
2044	25555	28111	30706	33777	30611	33673
2045	25656	28222	30943	34038	30843	33928
2046	25693	28263	31029	34132	30926	34019
2047	25730	28303	31116	34228	31010	34111
2048	25766	28343	31203	34324	31093	34203

AÑO	Método Aritmético		Método Geométrico		Método Exponencial	
	Población	P+PF	Población	P+PF	Población	P+PF
	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]
2049	25803	28384	31291	34421	31177	34295
2050	25840	28424	31378	34516	31262	34389

Fuente: INGEOMAD SAS. 2025.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestran gráficamente los resultados de la estimación de población de la zona urbana de Tibú por los diferentes métodos (sin tener en cuenta la población flotante) y las proyecciones del DANE. Como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la proyección por el método aritmético se asemeja a las proyecciones realizadas por el DANE, las cuales tiene una tendencia menor de crecimiento como se observa **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**; sin embargo, estas dos tendencias no reflejan las tasas de crecimiento de la zona urbana, que son mayores.

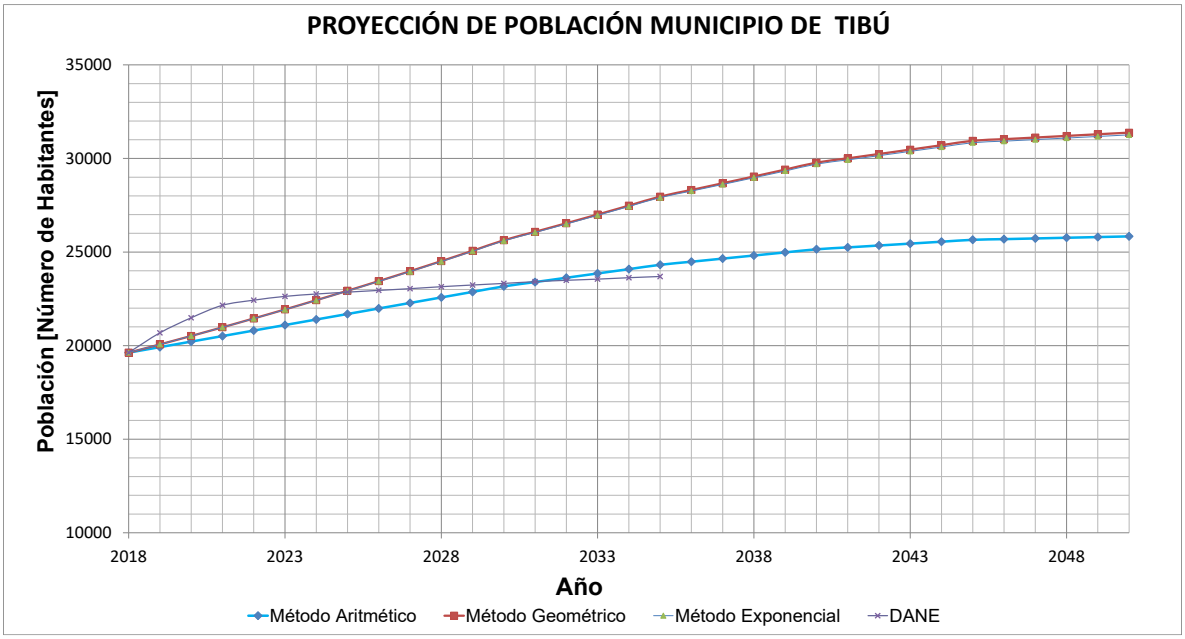


Figura 2-1. Proyecciones de Población
Fuente: INGEOMAD SAS. 2025.

Por lo anterior, se descarta el método aritmético ya que genera datos conservadores arrojando una población baja con respecto a los otros dos métodos. Los otros dos métodos tienen una misma tendencia, con valores muy cercanos, en ese contexto se adopta el método geométrico para la proyección de población y demandas de agua.

2.3.4 Población de Diseño

En la Tabla 2-7 se presenta la población total estimada, incluida la población flotante, por medio del método geométrico.

Tabla 2-7 Población Estimada Método Geométrico

AÑO	Método Geométrico		
	Población	PF	P+PF
[AAAA]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]
2018	19627	1963	21590
2019	20068	2007	22075
2020	20519	2052	22571
2021	20981	2098	23080
2022	21453	2145	23599
2023	21935	2194	24129
2024	22429	2243	24672
2025	22933	2293	25227
2026	23449	2345	25794
2027	23977	2398	26375
2028	24516	2452	26968
2029	25067	2507	27574
2030	25631	2563	28195
2031	26081	2608	28690
2032	26539	2654	29193
2033	27005	2701	29706

AÑO	Método Geométrico		
	Población	PF	P+PF
[AAAA]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]
2034	27480	2748	30228
2035	27963	2796	30760
2036	28316	2832	31148
2037	28674	2867	31542
2038	29037	2904	31941
2039	29404	2940	32345
2040	29776	2978	32754
2041	30005	3001	33006
2042	30237	3024	33261
2043	30471	3047	33519
2044	30706	3071	33777
2045	30943	3094	34038
2046	31029	3103	34132
2047	31116	3112	34228
2048	31203	3120	34324
2049	31291	3129	34421
2050	31378	3138	34516

Fuente: INGEOMAD SAS. 2025.

En la Figura 2-2 se muestra la proyección hasta el año 2050 de acuerdo con los datos de la Tabla 2-7, los cuales serán usados para los cálculos requeridos en el desarrollo de los estudios pertinentes objeto del alcance del proyecto.

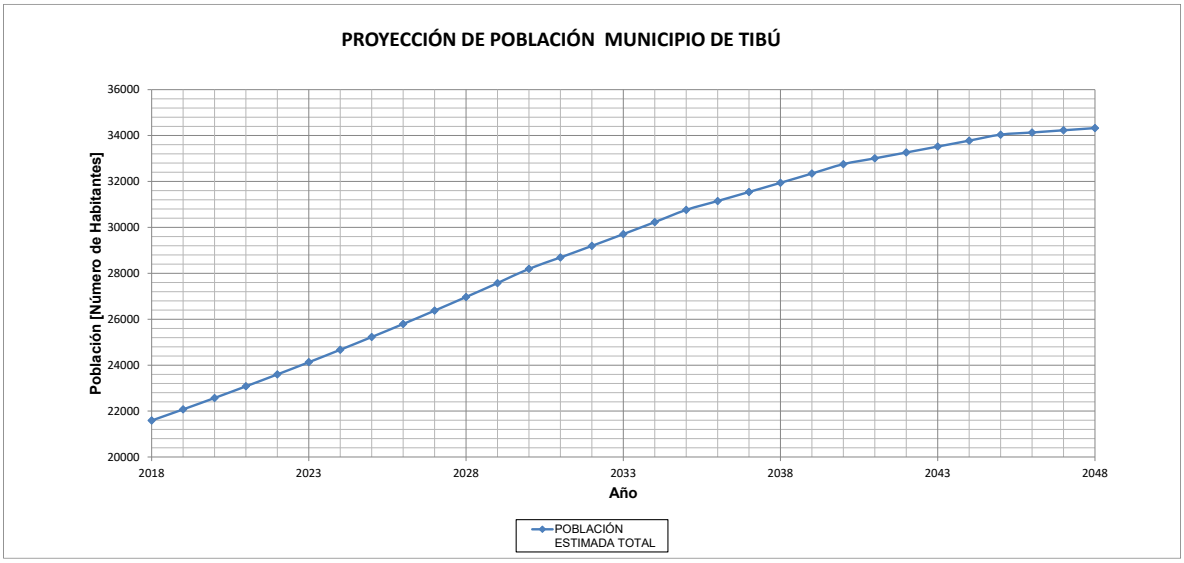


Figura 2-2. Población Estimada
Fuente: INGEOMAD SAS. 02025

2.4. ESTUDIO DE DEMANDA DE AGUA

2.4.1 Dotación Neta

El numeral de dotación neta se divide en dos, la primera parte corresponde a la definición de la dotación neta actual la cual se infiere a partir de la información suministrada por la entidad prestadora del servicio de acueducto y una dotación neta futura, la cual se ajusta a la dinámica poblacional de los municipios y las regulaciones de orden nacional para el sector del agua.

- *Dotación Neta Actual*

Dado que no se cuentan con los datos de la información comercial, micromedición y macromedición del municipio, se recurre a la dotación indicada por la norma teniendo en cuenta que la población de la zona urbana de Tibú se encuentra en una cota promedio entre menor a 1000 m.s.n.m., se adopta una dotación neta actual de 140 L/hab/día de acuerdo con la Resolución 0330 de 2017 (ver Tabla 2-8).

Tabla 2-8 Dotaciones Máximas

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
>2000 m.s.n.m.	**120**
1000-2000 m.s.n.m.	**130**
<1000 m.s.n.m.	**140**

Fuente: Resolución 0330 de 2017 – Tabla 1

Para la dotación neta actual de otros usuarios se toma un 20% de la dotación máxima permitida por la normativa para el municipio de Tibú por lo que se tiene 28 L/hab/día para este fin.

En conclusión, se tiene una Dotación Neta Actual (Residencial + Otros Usuarios) de 168 L/hab/día.

- *Dotación Neta Futura*

La Dotación Neta Futura se toma igual que la actual de acuerdo con la Resolución 0330 de 2017, es decir, 140 L/hab/día. Dotación Neta Futura (Residencial + Otros Usuarios) de 168 L/hab/día.

2.4.2 IANC

De acuerdo con el artículo 44 de la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017 el porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles no debe superar el 25%, por lo cual se toma este valor para el IANC actual y futuro.

2.4.3 Dotación Bruta

En este numeral se muestra el procedimiento para obtener el valor correspondiente a la dotación bruta, la cual es igual a la Dotación Neta dividida entre uno menos el porcentaje de pérdidas técnicas.

De acuerdo con el numeral la dotación neta para el casco urbano es de 168 L/hab*dia sumando la dotación neta residencial más dotación neta de otros usuarios y el porcentaje de pérdidas técnicas permitido por la normativa es del 25%.

Por consiguiente:

$$D_{bruta\_actual} = \frac{d_{neta\_actual}}{1 - \%p}$$

Donde:

D_{bruta} Dotación bruta

d_{neta} Dotación neta

%p Pérdidas técnicas máximas admisibles.

$$D_{bruta\ actual\ urbana} = \frac{168.0}{1 - 25\,\%}\left(\frac{L}{hab - día}\right)$$

$$D_{bruta\ actual\ urbana} = 224.0\ \frac{L}{hab - día}$$

Los resultados para el casco urbano de Tibú se presentan en la

Tabla 2-9:

Tabla 2-9 Proyecciones de Población y Dotaciones

AÑO	POBLACIÓN ESTIMADA TOTAL	Pérdidas Técnicas	Dotación Neta (Residencial)	Dotación Neta (Otros Usuarios)	Dotación Neta (Residencial + Otros Usuarios)	Dotación Neta (Población Flotante)	Dotación Bruta (Residencial+ Otros Usuarios)	Dotación Bruta (Población Flotante)
	[Hab.]	%p	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]
2018	21590	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2019	22075	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2020	22571	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2021	23080	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2022	23599	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2023	24129	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2024	24672	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2025	25227	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33

AÑO	POBLACIÓN ESTIMADA TOTAL	Pérdidas Técnicas	Dotación Neta (Residencial)	Dotación Neta (Otros Usuarios)	Dotación Neta (Residencial + Otros Usuarios)	Dotación Neta (Población Flotante)	Dotación Bruta (Residencial+ Otros Usuarios)	Dotación Bruta (Población Flotante)
	[Hab.]	%p	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]
2026	25794	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2027	26375	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2028	26968	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2029	27574	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2030	28195	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2031	28690	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2032	29193	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2033	29706	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2034	30228	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2035	30760	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2036	31148	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2037	31542	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33

AÑO	POBLACIÓN ESTIMADA TOTAL	Pérdidas Técnicas	Dotación Neta (Residencial)	Dotación Neta (Otros Usuarios)	Dotación Neta (Residencial + Otros Usuarios)	Dotación Neta (Población Flotante)	Dotación Bruta (Residencial+ Otros Usuarios)	Dotación Bruta (Población Flotante)
	[Hab.]	%p	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]
2038	31941	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2039	32345	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2040	32754	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2041	33006	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2042	33261	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2043	33519	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2044	33777	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2045	34038	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2046	34132	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2047	34228	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2048	34324	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33
2049	34421	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33

AÑO	POBLACIÓN ESTIMADA TOTAL	Pérdidas Técnicas	Dotación Neta (Residencial)	Dotación Neta (Otros Usuarios)	Dotación Neta (Residencial + Otros Usuarios)	Dotación Neta (Población Flotante)	Dotación Bruta (Residencial+ Otros Usuarios)	Dotación Bruta (Población Flotante)
	[Hab.]	%p	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]
2050	34516	25%	140	28.0	168.0	70.00	224.00	93.33

Fuente: INGEOMAD SAS. 2025.

2.4.4 Proyección de Demandas de Agua

En este numeral se muestra la proyección de demandas residenciales y de otros usuarios; también se muestran las curvas de demanda obtenidas.

– *Proyección de demandas residenciales*

La cantidad de agua demandada por los usuarios del sistema no es uniforme en el tiempo debido a las características sociales, culturales y económicas de los habitantes, por lo tanto, el sistema de abastecimiento se encontrará sometido a diferentes niveles de consumos.

Estas son variaciones dinámicas que fluctúan a lo largo del día y del año. Los diferentes niveles de consumo están especificados en el Manual Técnico de Buenas Prácticas del RAS y se transcriben a continuación con sus respectivas ecuaciones.

- Caudal Medio Diario (Q_{md}): Es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{P * d_{bruta}}{86400}$$

- Caudal Máximo Diario (QMD): Corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k_1. El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QMD = Q_{md} * k_1$$

Donde k_1 es el coeficiente de consumo máximo diario y equivale a 1.30 según lo establecido en el artículo 47 parágrafo 2 de la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) que indica *"**Parágrafo 2**. Los factores de mayoración K1 y K2 deben calcularse para cada caso con base en los registros históricos de macromedición. En condiciones excepcionales en las que dicha información no esté disponible, debe justificarse la selección de los valores empleados. Para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1 será superior a 1.3 ni el factor K2 superior a 1.6. Para poblaciones mayores de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1 será superior a 1.2 ni el factor K2 superior a 1.5"*

- Caudal Máximo Horario (QMH): El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k_2, según la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD * k_2$$

Donde k_2 es el coeficiente de consumo máximo horario y equivale a 1.50 según lo establecido en el artículo 47 parágrafo 2 de la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) expuesto anteriormente en el QMD.

Los resultados se presentan en la Tabla 2-10.

Tabla 2-10 Proyección de Población y Demandas Máximas.

AÑO	Qmd (Población Flotante)	Qmd (Residencial+ Otros Usuarios)	Qmd (Total)	QMD	QMH
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
2018	2.12	50.88	53.01	63.61	95.41
2019	2.17	52.03	54.20	65.04	97.55
2020	2.22	53.20	55.41	66.50	99.75
2021	2.27	54.40	56.66	68.00	101.99
2022	2.32	55.62	57.94	69.52	104.29
2023	2.37	56.87	59.24	71.09	106.63
2024	2.42	58.15	60.57	72.69	109.03

AÑO	Qmd (Población Flotante)	Qmd (Residencial+ Otros Usuarios)	Qmd (Total)	QMD	QMH
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
2025	2.48	59.46	61.93	74.32	111.48
2026	2.53	60.79	63.33	75.99	113.99
2027	2.59	62.16	64.75	77.70	116.56
2028	2.65	63.56	66.21	79.45	119.18
2029	2.71	64.99	67.70	81.24	121.85
2030	2.77	66.45	69.22	83.06	124.60
2031	2.82	67.62	70.44	84.52	126.78
2032	2.87	68.80	71.67	86.01	129.01
2033	2.92	70.01	72.93	87.52	131.28
2034	2.97	71.24	74.21	89.06	133.58
2035	3.02	72.50	75.52	90.62	135.93
2036	3.06	73.41	76.47	91.77	137.65
2037	3.10	74.34	77.44	92.93	139.39
2038	3.14	75.28	78.42	94.10	141.15
2039	3.18	76.23	79.41	95.29	142.94
2040	3.22	77.20	80.41	96.50	144.75
2041	3.24	77.79	81.03	97.24	145.86
2042	3.27	78.39	81.66	97.99	146.99
2043	3.29	79.00	82.29	98.75	148.12
2044	3.32	79.61	82.93	99.51	149.27
2045	3.34	80.22	83.57	100.28	150.42
2046	3.35	80.45	83.80	100.56	150.84
2047	3.36	80.67	84.03	100.84	151.26

AÑO	Qmd (Población Flotante)	Qmd (Residencial+ Otros Usuarios)	Qmd (Total)	QMD	QMH
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
2048	3.37	80.90	84.27	101.12	151.68
2049	3.38	81.12	84.51	101.41	152.11
2050	3.39	81.35	84.74	101.69	152.53

Fuente: INGEOMAD SAS. 2025.

– *Proyección otros usuarios*

Como se definió en numerales anteriores, ver y se tiene una dotación neta para otros usuarios de 28.0 L/hab*día, este valor se suma a la dotación residencial y se obtiene la dotación neta total, valor a partir del cual se obtienen los demás demandas y caudales.

– *Curvas de demanda*

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran las Curvas de Demanda proyectada hasta el año 2050 de acuerdo con los datos de la Tabla 2-10, los cuales serán usados para los cálculos requeridos en el desarrollo de los estudios objeto del alcance del proyecto.

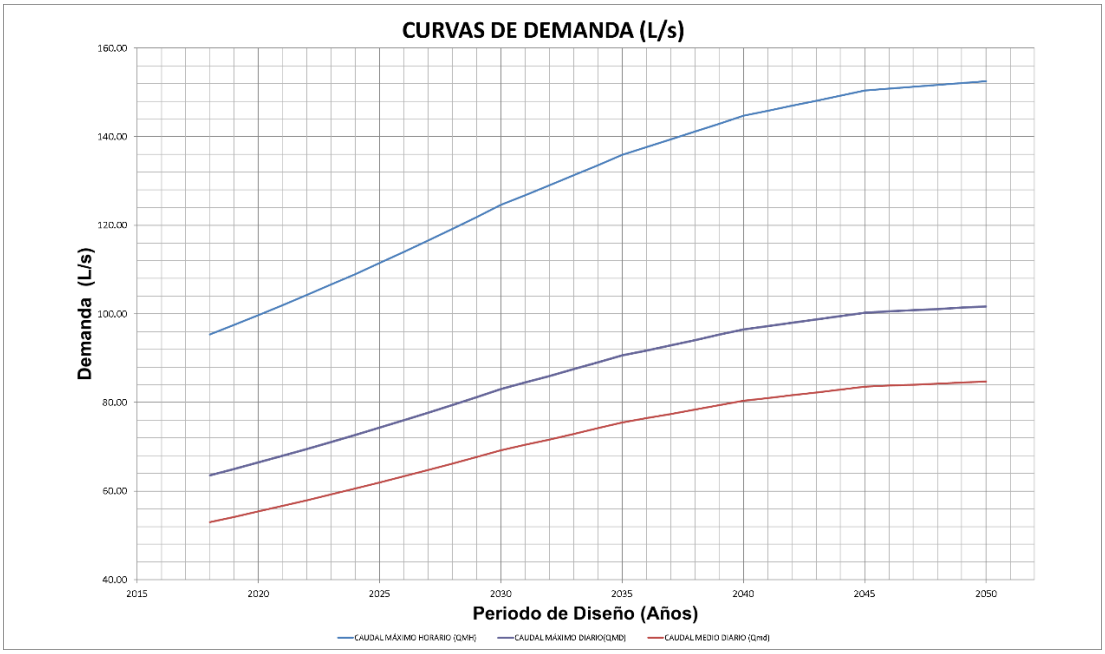


Figura 2-3. Curvas de Demandas

Fuente: INGEOMAD SAS. 2025.

2.5. PERIODO DE DISEÑO

Según el artículo 40 de la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017, para todos los componentes del sistema de acueducto se debe considerar un periodo de diseño es 25 años.

3. PARÁMETROS DE DISEÑO

A continuación se describen los criterios de diseño relevantes para la determinación del diámetro de la línea de impulsión y de las consideraciones para tener en cuenta en el trazado y en la definición del material.

3.1. CAUDALES DE DISEÑO

La normativa define los caudales a utilizar para cada uno de los componentes del sistema de acueducto a diseñar, en el Artículo 47 de la Resolución 0330 de 2017 del MVCT. Los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto, según las variaciones diarias y horarias que pueden presentar, se establecen en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1 Caudales de diseño

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMH

Fuente: Resolución 0330 de 2017.

Parágrafo 1. El caudal de diseño para captación de fuentes superficiales será hasta 2 veces el QMD; pero el excedente debe devolverse a la fuente.

Parágrafo 2. Los factores de mayoración K1 y K2 deben calcularse para cada caso con base en los registros históricos de macromedición. En condiciones excepcionales en las que dicha información no esté disponible, debe justificarse la selección de los valores empleados.

Para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1 será superior a 1.3 ni el factor K2 superior a 1.6. Para poblaciones mayores de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1 será superior a 1.2 ni el factor K2 superior a 1.5.

Parágrafo 3. En aquellos casos en que se cuente con sistemas de bombeo en la aducción, el caudal de diseño corresponde al caudal máximo diario (QMD) proyectado al período de diseño, afectado por el porcentaje de horas diarias de bombeo.

Para determinar el caudal de diseño de la red de acueducto objeto del presente estudio, se debe tener en cuenta que el Caudal Maximo Diario calculado para el periodo de diseño es de 101.69 L/s.

El sistema del pozo profundo proyectado y la línea de impulsión corresponde a un sistema de abastecimiento de agua complementario a los existentes en el sistema de acueducto de la zona urbana de Tibú. En este sentido, se tiene otras dos fuentes: una captación superficial y un pozo profundo, de la primera se deriva un caudal de 18 L/s y del pozo se extrae un caudal de 40 L/s.

Se requiere un caudal adicional de **43.69 L/s** para alcanzar el QMD de 101.69 L/s; en consecuencia se adopta este valor para el diseño de la línea de impulsión, el cual resulta coherente con el caudal de diseño del pozo profundo, cuya extracción máxima prevista es de 42 L/s.

3.2. VELOCIDAD MÍNIMA DE TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN Y ADUCCIÓN

En el artículo 15 de la resolución 0799 de 2021 del MVCT con el cual modifica el artículo 56 de la Resolución 0330 de 2017 establece que *"La velocidad mínima debe ser de 0.5 m/s, o aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1,50 Pa, mientras que la velocidad máxima no deberá sobrepasar los límites de velocidad recomendados para el material del ducto a emplear y/o los accesorios correspondientes."*

3.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS TUBERÍAS.

Se debe soportar la selección del material utilizado en el proyecto de acueducto mediante una comparación multicriterio entre diversos materiales de las tuberías. Deben tenerse en cuenta, como mínimo, los siguientes aspectos: capacidad estructural, durabilidad, capacidad hidráulica, hermeticidad, compatibilidad con las características del agua que se va a trasportar, características del suelo, costos y condiciones del mercado de la zona, facilidad de manejo, colocación e instalación y facilidad de mantenimiento, reparación y/o rehabilitación.

4. DISEÑO LÍNEA DE IMPULSIÓN ACUEDUCTO

Se proyecta una línea de impulsión, saliendo de la boca del pozo profundo que se encuentra ubicado en las coordenadas 8°38’41.6930” N 72°44’10.5281” O, en el predio de la esquina suroccidental de la calle 13 con carrera 8 y llegando a la Planta de Tratamiento de Agua Potable denominadas PTAP 1, como se muestra en la siguiente ilustración:



Figura 4-1.Esquema línea de impulsión
Fuente: INGEOMAD SAS. 2025.

El alineamiento detallado, tanto en planta como en perfil de la línea de impulsión, se muestran en los planos de diseño del Anexo 1.

Para el caudal definido de 43.69 L/s, se realizaron los cálculos hidráulicos para determinar los diámetros de las tuberías, cumpliendo con los límites de velocidades establecidos en la norma.

Adicionalmente, se elabora un modelo hidráulico que permite verificar la presión en diferentes puntos del recorrido de la tubería.

4.1. DETERMINACIÓN DIÁMETRO DE TUBERÍA

Se realiza el cálculo de la velocidad en las tuberías, considerando el caudal de diseño, verificando el cumplimiento de los requerimientos de la Resolución 0330.

DIAMETRO TUBERÍA DE IMPULSIÓN 1

Datos de Entrada

Periodo de Diseño (años) =	25
Caudal proyectado (l/s) =	43.69
Caudal proyectado (m^3/s) =	0.044
Altura media del proyecto (m.s.n.m.) =	80.00
Temperatura del Agua (°C) =	18.00
Viscosidad cinemática del agua (m^2/s) =	1.065E-06

TABLA 1. VALORES DE VISCOSIDAD CINEMÁTICA DEL AGUA

T (°C)	n (m2/s)
4	1.568E-06
5	1.519E-06
10	1.310E-06
15	1.146E-06
20	1.011E-06
30	8.030E-07
40	6.590E-07
50	5.560E-07
60	4.780E-07
70	4.160E-07

TABLA 3. RUGOSIDAD ABSOLUTA MATERIALES

Material	Coeficiente (mm)
PVC	0.0015
GRP	0.03
ACERO	0.046
HF	0.12
HD	0.25
CCP	0.12
HG	0.15

Datos de Bombeo

Horas de Bombeo Asumidas =	24
Porcentaje Utilización Bomba =	100.0%
Caudal de Bombeo Total (l/s) =	43.69
Caudal de Bombeo Total (m^3/s) =	0.044
Número de Bombas =	1
Caudal de Bombeo por bomba (l/s) =	43.69
Caudal por Bomba (m^3/s) =	0.044
Caudal por Bomba (l/min) =	2621.40
Caudal por Bomba (gpm) =	576.627

Cálculo de Diámetros Tubería de Impulsión

Tubería de impulsión bomba:

Caudal por Bomba (m^3/s) =	0.044
Longitud Total (m) =	493.62
$D_{IB\ Nominal}$ (pulg.) =	8.00
Material Tubería =	PVC
Rugosidad Material (m) =	0.0000015
$D_{IB\ Interno}$ (mm) =	198.21
$D_{IB\ Interno}$ (m) =	0.20
V_{IB} (m/s) =	1.42

Tubería de descarga:

Caudal por Bomba (m^3/s) =	0.044
Longitud Total (m) =	50.66
$D_{IB\ Nominal}$ (pulg.) =	8.00
Material Tubería =	PVC
Rugosidad Material (m) =	0.0000015
$D_{IB\ Interno}$ (mm) =	198.21
$D_{IB\ Interno}$ (m) =	0.20
V_{IB} (m/s) =	1.42

Tubería de impulsión múltiple:

Caudal por Bomba (m^3/s) =	0.044
Longitud Total (m) =	5.00
$D_{IM\ Nominal}$ (pulg.) =	8.00
Material Tubería =	PVC
Rugosidad Material (m) =	0.0000015
$D_{IM\ Interno}$ (mm) =	198.21
$D_{IM\ Interno}$ (m) =	0.20
V_{IM} (m/s) =	1.42

La línea 1, se proyecta hacia el norte saliendo del lote y cruzando la calle 13, posteriormente hacia el occidente en una longitud aproximada de 18 metros y luego hacia el norte ingresando al predio de la PTAP hasta conectarse a la red existente.La red se proyecta en tubería de ACERO con diámetro de 8”, en una longitud total de 50.66 metros,

En su recorrido presenta 2 cruces con redes de acueducto y alcantarillado, las cuales se listan a continuación:

- K0+016.65 Red de acueducto en tubería de PVC, de diametro 3”.
- K0+017.26 Red de alcantarillado en tubería de gres, de diametro 10”.

Una vez determinado el diámetro de la tubería y el recorrido, se calculan las pérdidas hidráulicas en cada uno de los tramos, así:

Línea De Impulsión

Cálculo de Pérdidas en la Impulsión

CÁLCULO COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DE ACCESORIOS TUBERÍA DE IMPULSIÓN							
Accesorios	K	Impulsión Bomba		Impulsión Múltiple		Tubería Descarga	
		Cantidad	Coeficiente Total	Cantidad	Coeficiente Total	Cantidad	Coeficiente Total
Válvula de Compuerta	0.20	0	0.00	0	0.00	2	0.40
Válvula de Globo	10.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Válvula de Mariposa	5.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Válvula de Pié Coladera	12.50	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Válvula de Retención (Cheque)	12.50	0	0.00	0	0.00	1	12.50
Codo 90 corto	0.90	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Codo 90 medio	0.80	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Codo 90 gran radio	0.60	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Codo 45	0.45	0	0.00	0	0.00	4	1.80
Codo 22 1/2	0.10	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Codo 11 1/4	0.05	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Uniones	0.30	0	0.00	0	0.00	8	2.40
Union de Desmontaje	0.40	0	0.00	0	0.00	2	0.80
Tee Paso Directo	0.30	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tee Paso Lateral	1.80	0	0.00	0	0.00	2	3.60
Entrada tubería	0.90	0	0.00	0	0.00	1	0.90
Entrada con boca acampanada	0.10	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Entrada recta a tope	0.50	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Salida tubería	1.00	0	0.00	0	0.00	1	1.00
Reducción D2/D1=0.67	0.27	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Yee de 45°, sentido recto	0.30	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Yee de 45°, salida lateral	0.80	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Macromedidor y Filtro	40.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
		TOTAL =	0.00	TOTAL =	0.00	TOTAL =	23.40

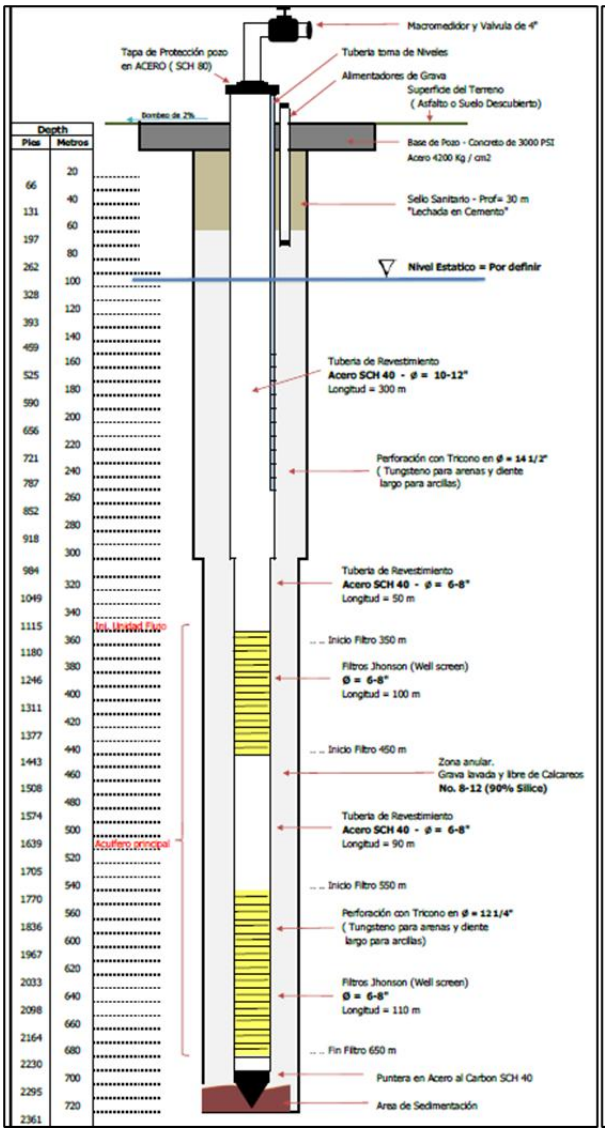
Cálculo de pérdidas totales:

Componente	Caudal (m^3/s)	Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Número de Reynolds	Factor de Fricción (Darcy)	h_f (m.c.a.)	h_m (m.c.a.)
Impulsión Bomba	0.044	1.416	0.20	263522.07	0.0149	3.79	0.00
Impulsión Múltiple	0.044	1.416	0.20	263522.07	0.0149	0.04	0.00
Tubería de Descarga	0.044	1.416	0.20	263522.07	0.0149	0.39	2.39

Pérdidas por Fricción Totales (m.c.a.) =	4.22
Pérdidas por Accesorios Totales (m.c.a.) =	2.39
Carga de velocidad (m.c.a.) =	0.31
Altura Dinámica Máxima Total (m.c.a.) =	**6.62**

4.2. MODELO HIDRÁULICO

Se elabora un modelo hidráulico de la línea de impulsión, teniendo en cuenta el trazado de las redes, la topografía y las características de las tuberías. De otro lado, es fundamental considerar las características del pozo profundo, el equipo de bombeo seleccionado y la profundidad de instalación, así como el nivel del agua en el subsuelo. En la siguiente imagen se muestran las características del pozo profundo (documento que se incluye en el Anexo 5. Informacion Complementaria) y un esquema de la planta del modelo hidráulico.



El equipo de bombeo se ubicará a una profundidad aproximada de 250 metros por debajo del nivel del terreno, en la boca del pozo profundo, se tiene una cota de terreno de 81.38 msnm, por ende la bomba se presume instalada en la cota -168.62 msnm.

Las características de la bomba son las siguientes:

Nombre de la compañía	
Número de contacto de la empresa	
Número de cotización	1968812
Nombre del proyecto	Default

Model/Order No.	600 GPM 9" 150 HP STS Sub-Turbine 8" MotorBracket
Etapas	5
Cantidad de bombas en paralelo	1
Según el número de la curva	9STS-600-3A2B
Guardado el	03 dic 2025 12:49 PM

Condiciones de operación	
Caudal, nominal	: 40.00 l/s
Presión / altura diferencial, rated (requerido)	: 250.0 m
Presión / altura diferencial, rated (efectiva)	: 260.9 m
Presión de succión, diseño/máx.	: 0.00 / 0.00 psi.g
NPSH disponible, Diseño	: Amplio
Frecuencia de suministro del centro	: 60 Hz
Rendimiento	
Criterios de velocidad	: Síncrona
Velocidad, valorada	: 3525 rpm
Diámetro impulsor, nominal	: 3A, 2B
Diámetro impulsor, máximo	: 3A, 2B
Diámetro impulsor, mínimo	: 3A, 2B
Eficiencia	: 85.97 %
PEI (CL)	: 0.00
NPSH requerido / margen requerido	: 21.30 / 0.00 ft
Ns (flujo rodete) / Nss (flujo rodete)	: 2,047 / 8,639 Unidades US
Caudal estable continuo mínimo	: -
Altura, diámetro máximo, nominal	: 327.9 m
Aumento de la altura de elevación con flujo de impulsión cerrado	: 25.68 %
Caudal, punto de mejor rendimiento	: 43.91 l/s
Relación de caudal, nominal / PMR	: 91.09 %
Relación de diámetro (nominal / máximo)	: 100.00 %
Relación de altura (diám. nominal / diám. máximo)	: 100.00 %
Cq/Ch/Ce/Cn [ANSI/HI 9.6.7-2010]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00
Condición de selección	: Aceptable

Líquido	
Tipo de liquido	: Agua
También conocido como	:
Diámetro máximo de sólidos	: 0.00 in
Concentración de sólidos, en volumen	: 0.00 %
Temperatura, máxima	: 68.00 F
Densidad del líquido	: 1.000 / 1.000 Peso esp.
Viscosidad, diseño	: 1.00 cP
Presión de vapor, diseño	: 0.34 psi.a
Material	
Material seleccionado	: Standard
Datos presión	
Presión máxima de trabajo	: 465.6 psi.g
Máxima presión de operación permisible	: N/D
Límite de presión de succión	: N/D
Presión de prueba hidrostática	: N/D
Datos unidad motriz & Potencia (@Densidad máx.)	
Margen sobre el criterio de potencia	: Potencia máxima
Margen de prestación	: 0.00 %
Factor de servicio	: 1.15 (usado)
Potencia, hidráulica	: 137 hp
Potencia, nominal	: 159 hp
Potencia, diámetro máximo, nominal	: 172 hp
Potencia de motor	: 150 hp / 112 kW(Fijo)

La tubería desde la bomba hasta la boca del pozo se proyecta en acero de diámetro 6”, desde la boca del pozo hasta la planta de tratamiento la línea de impulsión se proyecta en tubería de acero de diámetro 8”, como se menciona anteriormente.

A partir de la información anterior, se analizan dos escenarios: el primero con un nivel de agua en el subsuelo de 100 metros por debajo de la cota de terreno (-18.62 msnm) y el segundo con un nivel mínimo de agua de 30 metros sobre el equipo de bombeo (-138.62 msnm).

El modelo hidráulico se incluye en el anexo 4, a continuación se muestran los resultados de la modelación para la línea de impulsión. Presiones en los nodos, caudal y velocidad en los tramos de tubería:

Línea De Impulsión

ESCENARIO 1 - NODOS LÍNEA DE IMPULSIÓN					
ID	Label	X (m)	Y (m)	Elevation (m)	Pressure (m H2O)
31	18	5029001.47	2513295.90	80.50	146.52
32	19	5029000.27	2513296.95	80.50	146.50
34	20	5028984.98	2513295.91	80.50	146.36
35	21	5028983.54	2513297.17	80.50	146.34
53	22	5028982.92	2513306.37	80.50	146.26
55	1	5029002.95	2513273.34	80.15	147.08
76	J-00	5028996.86	2513273.38	-168.85	397.89

ESCENARIO 1 - TRAMOS LÍNEA DE IMPULSIÓN									
ID	Label	Start Node	Stop Node	Diameter (in)	Material	Length (m)	Hazen-Williams C	Velocity (m/s)	Flow (L/s)
30	18-19	18	19	8	Cast iron	1.59	130	1.35	43.69
33	20-21	20	21	8	Cast iron	1.91	130	1.35	43.69
52	22-21	21	22	8	Cast iron	9.22	130	1.35	43.69
58	19-20	19	20	8	Cast iron	15.32	130	1.35	43.69
68	43101	1	18	8	Cast iron	22.61	130	1.35	43.69
77	1-J-00	J-00	1	8	Cast iron	251.00	130	1.35	43.69
81	R-1-PMP-1	R-1	PMP-1	8	Cast iron	1.00	130	1.35	43.69
82	PMP-1-J-00	PMP-1	J-00	8	Cast iron	6.41	130	1.35	43.69

ESCENARIO 1 - TRAMOS LÍNEA DE IMPULSIÓN									
ID	Label	Start Node	Stop Node	Diameter (in)	Material	Length (m)	Hazen-Williams C	Velocity (m/s)	Flow (L/s)
150	P-7(1)	22	FCV-3	6	Cast iron	1.59	130	2.40	43.69
151	P-7(2)	FCV-3	T-2	6	Cast iron	1.94	130	2.40	43.69

ESCENARIO 2 - NODOS LÍNEA DE IMPULSIÓN					
ID	Label	X (m)	Y (m)	Elevation (m)	Pressure (m H2O)
31	18	5029001.47	2513295.90	80.50	26.76
32	19	5029000.27	2513296.95	80.50	26.75
34	20	5028984.98	2513295.91	80.50	26.61
35	21	5028983.54	2513297.17	80.50	26.59
53	22	5028982.92	2513306.37	80.50	26.50
55	1	5029002.95	2513273.34	80.15	27.32
76	J-00	5028996.86	2513273.38	-168.85	278.13

ESCENARIO 2 - TRAMOS LÍNEA DE IMPULSIÓN								
Label	Start Node	Stop Node	Diameter (in)	Material	Length (m)	Hazen-Williams C	Velocity (m/s)	Flow (L/s)
18-19	18	19	8	Cast iron	1.59	130	1.35	43.69
20-21	20	21	8	Cast iron	1.91	130	1.35	43.69

ESCENARIO 2 - TRAMOS LÍNEA DE IMPULSIÓN								
Label	Start Node	Stop Node	Diameter (in)	Material	Length (m)	Hazen-Williams C	Velocity (m/s)	Flow (L/s)
22-21	21	22	8	Cast iron	9.22	130	1.35	43.69
19-20	19	20	8	Cast iron	15.32	130	1.35	43.69
43101	1	18	8	Cast iron	22.61	130	1.35	43.69
1-J-00	J-00	1	8	Cast iron	251	130	1.35	43.69
R-1-PMP-1	R-1	PMP-1	8	Cast iron	1	130	1.35	43.69
PMP-1-J-00	PMP-1	J-00	8	Cast iron	6.41	130	1.35	43.69
P-7(1)	22	FCV-3	6	Ductile Iron	1.59	130	2.40	43.69
P-7(2)	FCV-3	T-2	6	Ductile Iron	1.94	130	2.40	43.69

Como se puede observar en las tablas de resultados, para el caudal establecido, las velocidades son adecuadas y se encuentran en el rango definido por la Resolución 0330, corroborando que el diámetro de la tubería seleccionado es adecuado. En cuanto a las presiones, en los nodos posteriores a la boca del pozo, para el primer escenario se presenta una presión máxima de 147.62 mca, mientras que para el segundo escenario se presenta una presión máxima de 27.85 mca.

Dado el nivel de agua en el subsuelo puede tener variaciones significativas durante la vida útil del pozo profundo, alcanzando niveles incluso superiores a los considerados en la modelación del primer escenario, lo cual tiene incidencia en las presiones que se pueden presentar en la línea de impulsión, se define que el material de las tuberías sea en acero.

En las siguientes imágenes, se presenta la línea piezométrica y las cotas de la tubería de la línea de impulsión 1, para los Escenario 1 y 2 respectivamente; se debe tener en cuenta que la tubería se instalará en una zona muy plana, por ende no se observan diferencias significativas en la línea de la tubería.



Figura 4-2. Línea piezométrica y las cotas de la tubería de la Línea de Impulsión
Fuente: INGEOMAD SAS

5. GOLPE DE ARIETE

Se desarrolla el análisis del transitorio o golpe de ariete en el sistema, compuesto por la bomba del pozo profundo y la línea de impulsión hasta la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP). Con este propósito, se realiza un modelo con el software Hammer.

5.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

5.1.1 Espesor de Tuberías

Las tuberías dentro del pozo profundo tienen un diámetro de 6 pulgadas, mientras que desde la boca del pozo hasta las plantas de tratamiento, se proyectan tuberías en diámetro de 8 pulgadas, en acero. En consecuencia, se consideran los siguientes diámetros internes, externos y espesores.

Diámetro Nominal (Pulgadas)	Diámetro Exterior (Pulgadas)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor de pared (pulgadas)	Espesor de pared (mm)	Diámetro Interior (mm)
4	4.50	114.30	0.24	6.02	102.26
6	6.625	168.3	0.28	7.11	154.08
8	8.625	219.1	0.322	8.18	202.74
10	10.75	273	0.365	9.27	254.46

5.1.2 Velocidad Ondas de Presión

La velocidad de propagación de la onda de presión se calcula en función de las características geométricas y mecánicas de la conducción, así como de la compresibilidad del agua, mediante la siguiente ecuación:

$$a = \sqrt{\frac{K/\rho}{1 + C\left(\frac{K}{E}\right)\left(\frac{D}{e}\right)}}$$

Donde:

K Módulo de elasticidad del agua (N/m^2)

E Módulo de elasticidad del material de la tubería (N/m^2)

D Diámetro interno de la tubería (m),

E Espesor de la tubería (m)

C Factor de corrección debido al tipo de anclaje de la tubería

ρ Densidad del agua (kg/m^3).

Se calcula la velocidad de la onda de presión para las dos tuberías, a partir de los diferentes parámetros, que se listan en la siguiente tabla.

Tabla 5-1.Cálculo de velocidad de la onda de presión

Descripción	Unidad	Tubería 1	Tubería 2
Diámetro nominal tubería	Pulgadas	6”	8”
Material tubería	-	ACERO	ACERO
Diámetro exterior tubería	mm	168.3	219.1
Diámetro interior tubería	mm	154.08	202.74
Espesor tubería	mm	7.11	8.18
Módulo de elasticidad tubería	N/m^2	2.07 E+11	2.07 E+11
Módulo de Poisson tubería	μ	0.30	0.30
Tub. Anclada contra mov. Axial	$C=1-\mu^2$	0.91	0.91
Densidad del agua (20°C)	kg/m^3	998.2	998.2
Módulo de elasticidad del agua	N/m^2	2.18 E+09	2.18 E+09
Velocidad de onda de presión – α	m/s	1344.75	1328.44
Tiempo crítico (Tc)	s	3.0	3.0

5.2. ANÁLISIS DEL GOLPE DE ARIETE

Las envolventes de la línea piezométrica y de presiones máximas y mínimas generadas durante el fenómeno inducido por la interrupción súbita de la operación de la bomba proyectada, muestran que la magnitud del fenómeno es más significativa cuando se considera el escenario 1. Esta condición representa el mayor diferencial de velocidad posible y por tanto la mayor variación de presión durante un transitorio hidráulico.

La evolución del fenómeno genera una envolvente de presiones mínimas que evidencia problemas por subpresiones, con valores negativos en gran parte de la impulsión. La presión se reduce hasta la presión de vapor generando la separación de la columna líquida

y el posterior aumento de presión. Estas condiciones pueden provocar la rotura de las tuberías, lo que evidencia, la necesidad de dispositivos de control que protejan al sistema para escenarios de subpresión.

A nivel de sobrepresiones se evidencia un aumento de la altura dinámica de diseño al inicio de la impulsión; este valor es superior a la presión de diseño de la tubería seleccionada para este sistema, indicando la necesidad de regular las sobrepresiones con un sistema que además minimice el desgaste de los elementos que componen la impulsión, lo cual podría recortar su vida útil.

El sistema es propenso a tener problemas de sobrepresiones y subpresiones importantes en algunos sectores de la impulsión, requiriendo dispositivos de protección contra golpe de ariete.

5.3. ELEMENTOS DE CONTROL

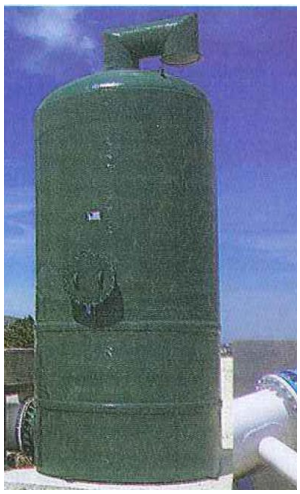
Los equipos, válvulas y elementos más usuales y prácticos para el control del golpe de ariete spn las válvulas de alivio o anticipadoras, los tanque hidroneumáticos y los tanques unidireccioneles o chimeneas.



FUENTE: CATÁLOGO BERMAD



FUENTE: CATÁLOGO CSA



FUENTE: j. & Abreu,

Figura 5-1. Elementos de control

Las válvulas de alivio o anticipadoras son muy eficaces contra la sobrepresión, pero causan poco efecto sobre las sub-presiones, incluso pueden incrementar las sub-presiones del sistema (j. & Abreu, 2012). Los tanques unidireccionales deben ubicarse en zonas altas para

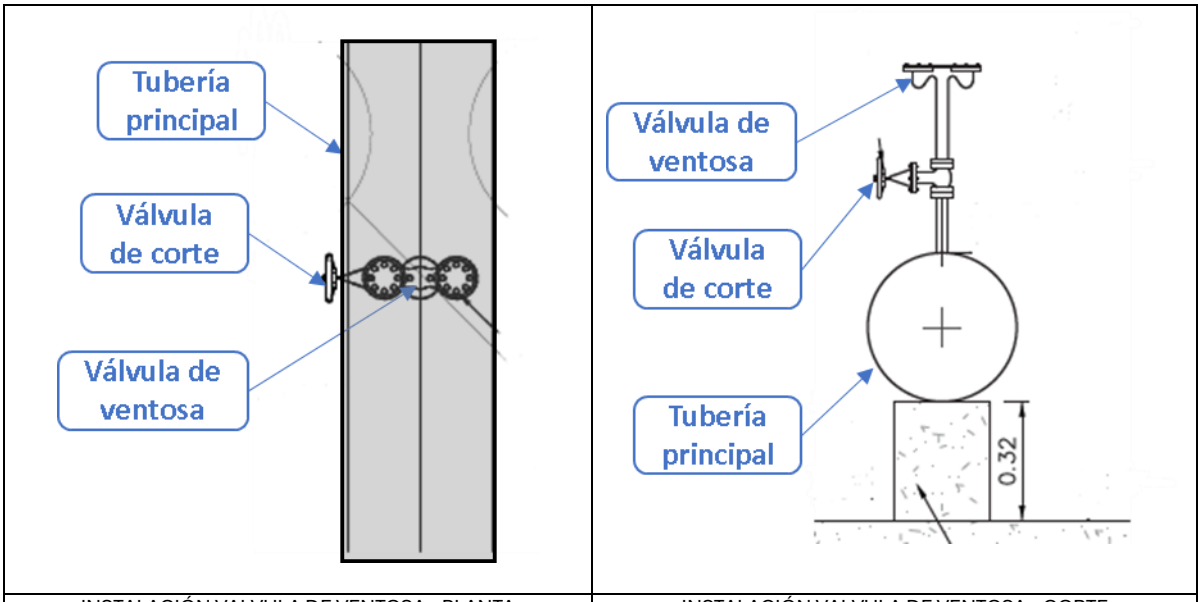
garantizar que su altura esté por encima de la línea de gradiente hidráulico que se quiere controlar, por ende en este proyecto se necesitaría una altura considerable y espacios adicionales. Por lo anterior, se establece que para las condiciones del sistema, técnicamente el mejor elemento para el control de sobrepresiones y subpresiones es un tanque hidroneumático, esta solución se complmenta con las válvulas de ventosa proyectadas en el inicio y final de la impulsión.

5.4. INSTALACIÓN DE SOLUCIÓN

En este numeral se presenta el montaje típico de un tanque hidroneumático, de las válvulas de ventosa y se listan las tuberías, accesorios y elementos necesarios para su buen funcionamiento.

	
INSTALACIÓN TANQUE HIDRONEUMÁTICO – OPCIÓN 1	INSTALACIÓN TANQUE HIDRONEUMÁTICO – OPCIÓN 2

Figura 5-2. Montaje típico tanque hidroneumático



INSTALACIÓN VALVULA DE VENTOSA - PLANTA	INSTALACIÓN VALVULA DE VENTOSA - CORTE

Figura 5-3. Instalación válvula de ventosa en vista planta y corte

En la **Tabla 2-1** se presentan las características generales de los equipos y elementos que se deben instalar.

Tabla 5-2. Características generales de equipos y elementos a instalar

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (UN)	DIAMETRO (Pulg)	TIPO	CONEXIÓN	MATERIAL	PRESIÓN DE OPERACIÓN (Bar)	ACCIONAMIENTO
TEE	2	8	EXTREMO BRIDA	BRIDA	ACERO	20	NA
CODO 90°	2	8	EXTREMO BRIDA	BRIDA	ACERO	20	NA
VÁLVULA DE AISLAMIENTO	2	8”	COMPUERTA	BRIDA	HIERRO FUNDIDO DUCTIL	20	AUTOMÁTICO
VÁLVULA DE AISLAMIENTO	2	2”	COMPUERTA	BRIDA	HIERRO FUNDIDO DUCTIL	20	AUTOMÁTICO
VÁLVULA DE RETENCION	2	8”	MARIPOSA CON CONTRAPESO	BRIDA	HIERRO FUNDIDO	20	AUTOMÁTICO
VÁLVULA AIREADORA	2	2”	DOBLE ACCION	BRIDA	HIERRO FUNDIDO DÚCTIL	20	AUTOMÁTICO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (UN)	DIAMETRO (Pulg)	TIPO	CONEXIÓN	MATERIAL	PRESIÓN DE OPERACIÓN (Bar)	ACCIONAMIENTO
VÁLVULA REGULADORA DE NIVEL	1	8”	FORMA ANGULAR DE FLOTADOR	BRIDA	HIERRO FUNDIDO DÚCTIL	16	AUTOMÁTICO
TANQUE 1000 LITROS	1		CILINDRICO	-	ACERO	20	AUTOMÁTICO
TUBERÍA	-	8”	-	BRIDA	ACERO	20	NA
TUBERÍA	-	2”	-	BRIDA	ACERO	20	NA

6. ANEXOS

Anexo 1. Planos.

Anexo 2. Memorias de Cálculo.

Anexo 3. Población y demanda.

Anexo 4. Modelo Hidráulico.

Anexo 5. Informacion Complementaria.



NELSON YOVANI CASTRO LADINO
Matrícula Profesional No. **2520211-2832 CND.**
C.C. No. **3062155 de Gutiérrez**

EMPRESAS MUNICIPALES DE TIBU ESP
CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 018 de 2025

DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

TIBÚ, NORTE DE SANTANDER
ENERO, 2026

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 5
2. MARCO NORMATIVO APLICABLE AL DIAGNÓSTICO 6
3. METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN 7
3.1. FUENTE DE INFORMACION 8
4. ÁREA DE ESTUDIO Y ALCANCE DEL SISTEMA DIAGNOSTICADO 8
5. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN 11
5.1. ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL 14
5.2. RELACIÓN DE LA PROYECCIÓN POBLACIONAL CON EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA 15
6. DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DE AGUA POTABLE 16
7. OFERTA HÍDRICA Y DISPONIBILIDAD DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO 17
7.1. FUENTE SUPERFICIAL – RÍO TIBÚ 18
7.2. FUENTE SUBTERRÁNEA – POZO PROFUNDO EXISTENTE 20
7.3. ANÁLISIS DE LA OFERTA HÍDRICA TOTAL DEL SISTEMA 20
8. BALANCE ENTRE OFERTA Y DEMANDA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO 21
9. DIAGNÓSTICO POR COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO 24
9.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO 24
9.2. CAPTACIÓN 25
9.2.1 Captación superficial – Río Tibú 26
9.2.2 Captación subterránea – Pozo profundo existente 26
9.2.3 Evaluación global del componente de captación 27
9.3. ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN 28
9.3.1 Aducción desde la captación superficial 28
9.3.2 Conducción asociada a la fuente subterránea 29
9.3.3 Capacidad hidráulica y limitaciones del sistema de aducción 29

9.3.4 Evaluación global del componente de aducción y conducción 29
9.4. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE ACTUAL 30
9.4.1 PTAP asociada a la fuente superficial – Río Tibú 30
9.4.2 PTAP asociada a la fuente subterránea – Pozo profundo existente 31
9.4.3 PTAP fuente subterránea fuera de operación 32
9.4.4 Evaluación global del componente de tratamiento 32
9.5. ALMACENAMIENTO 33
9.5.1 Infraestructura de almacenamiento existente 33
9.5.2 Estado físico y condiciones operativas 33
9.5.3 Capacidad de regulación y autonomía del sistema 34
9.5.4 Evaluación global del componente de almacenamiento 34
9.6. RED DE DISTRIBUCIÓN, MEDICIÓN Y CONTINUIDAD DEL SERVICIO 34
9.7. BRECHAS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO FRENTE AL HORIZONTE DE PLANEACIÓN 36
10. CONCLUSIONES 39
11. BIBLIOGRAFÍA 41

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1. Localización Global Zona de Estudio – Zona Urbana Tibu (Norte de Santander) . 9
Figura 4-2. Polígono Área de estudio 11
Figura 5-1. Curva de crecimiento poblacional proyectado 15
Figura 6-2. Gráfica de Curva de Demanda hasta año horizonte 2050 16

LISTA DE TABLAS

Tabla 7-1. Parámetros hidrológicos representativos del río Tibú para el abastecimiento ... 19
Tabla 8-1. Balance oferta–demanda del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú 22
Tabla 9-1. Resumen del sistema de captación 27
Tabla 9-2. Características del sistema de aducción y conducción 30
Tabla 9-3. Características de las plantas de tratamiento existentes 32
Tabla 9-4. Infraestructura de almacenamiento del sistema de acueducto 34
Tabla 9-5. Medición, control y continuidad del sistema de distribución 36
Tabla 9-6. Síntesis de brechas del sistema de acueducto 37

1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Tibú, en el departamento de Norte de Santander, enfrenta desafíos estructurales en la prestación del servicio de acueducto urbano, asociados al crecimiento poblacional, la variabilidad de las fuentes de abastecimiento y las limitaciones operativas de la infraestructura existente. Estas condiciones hacen necesario adelantar un diagnóstico técnico integral que permita evaluar el estado actual del sistema, su capacidad real de suministro y las brechas existentes frente a la demanda presente y futura de agua potable.

En este contexto, se desarrolla el presente Informe de Diagnóstico del Sistema de Acueducto Urbano del Municipio de Tibú, en el marco del contrato **"ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER"**. El diagnóstico constituye la base técnica para la formulación de soluciones que permitan optimizar el abastecimiento de agua potable, mejorar la continuidad del servicio y fortalecer la seguridad hídrica del municipio.

El análisis se orienta a caracterizar de manera detallada el funcionamiento actual del sistema de acueducto urbano, incluyendo las fuentes de abastecimiento, las infraestructuras de captación, aducción, tratamiento, almacenamiento y distribución, así como su capacidad hidráulica y condiciones operativas. De igual forma, se evalúa la relación entre la oferta hídrica disponible y la demanda de la población, considerando un horizonte de planeación acorde con los lineamientos normativos del sector de agua potable y saneamiento básico.

Este informe tiene un alcance exclusivamente diagnóstico, cuyo propósito es establecer una línea base técnica objetiva del sistema existente, identificar deficiencias, cuellos de botella y riesgos operativos, y definir las necesidades mínimas que debe cumplir cualquier esquema futuro de optimización del acueducto urbano. En consecuencia, el documento no contempla la selección de alternativas ni el desarrollo de diseños de solución, los cuales serán abordados en una fase posterior del proceso de preinversión.

Los resultados del diagnóstico permitirán sustentar, desde un enfoque técnico y normativo, la pertinencia de incorporar nuevas infraestructuras y mejorar las existentes, con el fin de garantizar un abastecimiento de agua potable confiable, continuo y sostenible para la población urbana del municipio de Tibú.

2. MARCO NORMATIVO APLICABLE AL DIAGNÓSTICO

El diagnóstico del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú se desarrolla en el marco del conjunto de normas y lineamientos técnicos que regulan la planeación, evaluación y prestación del servicio de agua potable en Colombia. Estas disposiciones establecen los criterios mínimos que deben cumplirse para caracterizar el estado actual de los sistemas de abastecimiento, evaluar su capacidad frente a la demanda y definir las condiciones técnicas que orientan las etapas posteriores de formulación de proyectos.

La **Ley 142 de 1994**, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, define que la prestación del servicio de acueducto debe garantizar condiciones de calidad, continuidad y eficiencia, y asigna a los prestadores la responsabilidad de planificar y operar la infraestructura necesaria para asegurar el suministro de agua potable a la población. En este sentido, el diagnóstico constituye una herramienta fundamental para identificar deficiencias y riesgos que puedan afectar la prestación adecuada del servicio.

El **Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)**, adoptado mediante la **Resolución 0330 de 2017**, establece los lineamientos técnicos para el diseño, construcción y operación de los sistemas de acueducto. En particular, el RAS señala que todo proyecto de optimización o ampliación debe sustentarse en un diagnóstico previo que incluya la caracterización de la población, la estimación de la demanda actual y futura, la evaluación de la oferta hídrica disponible y el análisis del estado y capacidad de los componentes del sistema existente. Este diagnóstico debe permitir identificar los cuellos de botella y las limitaciones técnicas que justifican la necesidad de intervención.

Adicionalmente, la **Resolución 0661 de 2015** establece los requisitos para la estructuración de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico, definiendo que el diagnóstico debe contener, como mínimo, el análisis de la situación actual del sistema, la evaluación de la relación oferta–demanda y la identificación de las deficiencias técnicas, operativas y funcionales de la infraestructura existente. Este enfoque busca garantizar que las decisiones de inversión se fundamenten en información técnica verificable y en un conocimiento adecuado de las condiciones reales del sistema.

Desde el punto de vista del recurso hídrico, el diagnóstico debe considerar lo dispuesto en el **Decreto 1541 de 1978**, que regula el uso y aprovechamiento de las aguas en el territorio nacional, así como los principios de protección del recurso y de priorización del consumo

humano. En consecuencia, la evaluación de las fuentes de abastecimiento debe incorporar criterios de sostenibilidad, disponibilidad efectiva y respeto por los caudales ambientales requeridos para la conservación de los ecosistemas asociados.

En coherencia con este marco normativo, el presente diagnóstico se estructura como una evaluación técnica integral del sistema de acueducto urbano de Tibú, orientada a establecer una línea base confiable y objetiva que permita sustentar las decisiones de planificación y optimización del servicio. El cumplimiento de estas disposiciones garantiza que los resultados del diagnóstico sean consistentes con los requerimientos legales y técnicos del sector, y que sirvan como insumo válido para las etapas posteriores de formulación y evaluación de alternativas de solución.

3. METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

El diagnóstico del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú se desarrolló a partir de una metodología de análisis técnico integral, orientada a caracterizar el estado actual del sistema, evaluar su capacidad de abastecimiento frente a la demanda de la población y determinar las principales limitaciones estructurales, hidráulicas y operativas. La metodología adoptada permite establecer una línea base confiable que sustente la toma de decisiones en las etapas posteriores de formulación y evaluación de alternativas de optimización del acueducto.

El proceso metodológico se estructuró en fases sucesivas, iniciando con la recopilación y revisión de información técnica disponible del sistema de acueducto urbano, incluyendo antecedentes de diseño, operación y evaluación de las fuentes de abastecimiento. Esta información fue analizada de manera crítica con el fin de identificar datos relevantes sobre población atendida, demanda de agua potable, capacidad de las fuentes, estado de los componentes del sistema y condiciones generales de operación.

Posteriormente, se realizó la caracterización del sistema de abastecimiento existente, abordando de forma individual cada uno de sus componentes: fuentes de abastecimiento, estructuras de captación, sistemas de aducción y conducción, plantas de tratamiento de agua potable, tanques de almacenamiento y red de distribución. Para cada componente se evaluaron aspectos como su estado físico, capacidad hidráulica, funcionamiento operativo y principales deficiencias, con el objetivo de identificar los cuellos de botella que limitan la prestación del servicio.

De manera complementaria, se llevó a cabo el análisis de la oferta hídrica disponible y de la demanda actual y futura del sistema. La demanda se estimó con base en proyecciones de población y dotaciones de consumo acordes con los lineamientos normativos vigentes, mientras que la oferta se evaluó considerando la disponibilidad efectiva de las fuentes de abastecimiento y las restricciones asociadas a su aprovechamiento. A partir de estos elementos, se estableció el balance oferta–demanda, como insumo central del diagnóstico.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron integrados en un análisis consolidado que permitió identificar las limitaciones técnicas, operativas y funcionales del sistema de acueducto urbano, así como los requerimientos mínimos que debe cumplir cualquier esquema de optimización futura. Esta metodología garantiza que el diagnóstico no se limite a una descripción del sistema, sino que constituya una evaluación técnica orientada a la solución de los problemas identificados.

3.1. FUENTE DE INFORMACION

La información utilizada para el desarrollo del diagnóstico proviene de documentos técnicos, estudios especializados y registros disponibles del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú, los cuales contienen datos relevantes sobre infraestructura, fuentes de abastecimiento, comportamiento hidrológico y operación del sistema. Adicionalmente, se emplearon los lineamientos técnicos y normativos del sector de agua potable y saneamiento básico para la estimación de la demanda y la evaluación de la capacidad del sistema.

La integración y análisis de estas fuentes permitió construir una visión global del funcionamiento del acueducto urbano, identificar inconsistencias y vacíos de información, y formular conclusiones técnicas coherentes con la realidad del sistema. En aquellos casos en que la información disponible presenta limitaciones, estas se reconocen dentro del diagnóstico y se consideran como elementos a profundizar en fases posteriores del proceso de preinversión.

4. ÁREA DE ESTUDIO Y ALCANCE DEL SISTEMA DIAGNOSTICADO

El presente diagnóstico se desarrolla para el **sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú**, localizado en el departamento de Norte de Santander, y tiene como área de estudio el **casco urbano** del municipio, entendido como el ámbito territorial actualmente atendido —total o parcialmente— por el sistema formal de suministro de agua potable. El análisis no

incluye centros poblados rurales ni sistemas individuales de abastecimiento fuera del perímetro urbano, los cuales presentan dinámicas y requerimientos técnicos diferentes.

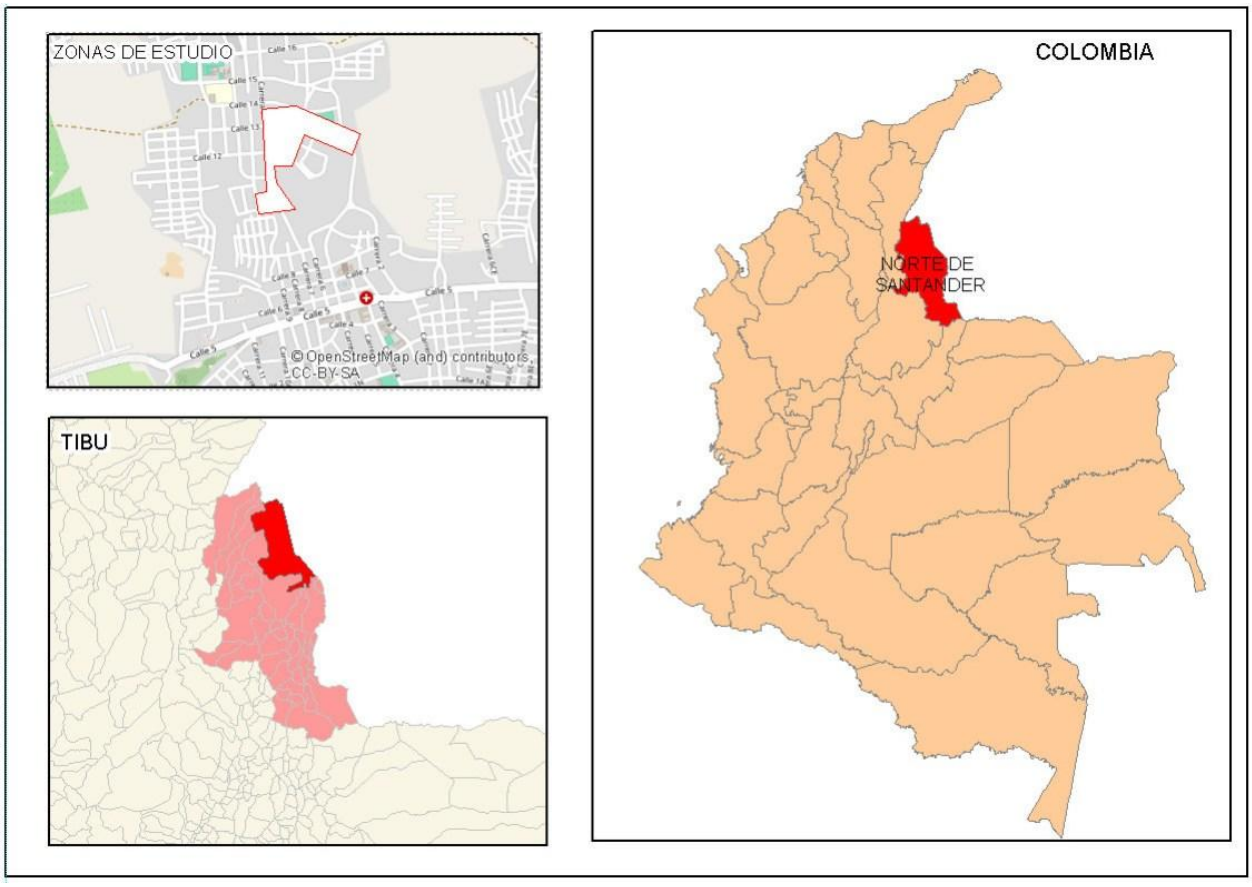


Figura 4-1. Localización Global Zona de Estudio – Zona Urbana Tibu (Norte de Santander)
Fuente: INGEOMAD SAS, 2025

El área urbana de Tibú concentra la mayor demanda de agua potable del municipio y alberga las principales infraestructuras del sistema de acueducto, incluyendo las fuentes de abastecimiento, las plantas de tratamiento, los sistemas de conducción, los tanques de almacenamiento y la red de distribución. En consecuencia, el diagnóstico se orienta a evaluar la capacidad del sistema existente para atender de manera adecuada las necesidades actuales y futuras de la población urbana, considerando las condiciones reales de operación y crecimiento.

El alcance del diagnóstico comprende la evaluación integral de los siguientes **componentes del sistema de acueducto urbano**:

- **Fuentes de abastecimiento**, tanto superficiales como subterráneas, incluyendo su disponibilidad hídrica, condiciones de aprovechamiento y restricciones asociadas.
- **Estructuras de captación**, analizando su estado físico, funcionamiento hidráulico y vulnerabilidad frente a eventos externos.
- **Sistemas de aducción y conducción**, evaluando su capacidad hidráulica, trazado, materiales, estado de conservación y principales limitaciones operativas.
- **Plantas de tratamiento de agua potable (PTAP)**, considerando su capacidad instalada, procesos de tratamiento, estado de las unidades y desempeño operativo.
- **Infraestructura de almacenamiento**, incluyendo tanques existentes, volúmenes disponibles y su adecuación frente a la demanda del sistema.
- **Red de distribución**, evaluando su cobertura, condiciones generales de operación y su capacidad para garantizar la continuidad del servicio en el área urbana.

El diagnóstico se desarrolla con un **horizonte de planeación acorde con los lineamientos normativos del sector de agua potable**, de manera que permita evaluar la capacidad del sistema no solo en su condición actual, sino también frente a los requerimientos futuros derivados del crecimiento poblacional y del incremento de la demanda. No obstante, el análisis se centra en la identificación de las condiciones presentes del sistema y de las brechas existentes, sin abordar aún la definición de alternativas de solución ni el diseño de nuevas infraestructuras.

En este sentido, el alcance del presente informe se limita a la **caracterización técnica y funcional del sistema existente**, estableciendo una línea base que permita sustentar, en etapas posteriores, la formulación y evaluación de alternativas de optimización del acueducto urbano del municipio de Tibú.



Figura 4-2. Polígono Área de estudio
Fuente: Esri

5. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

La proyección de población constituye un insumo fundamental para el diagnóstico del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú, en la medida en que permite estimar la demanda actual y futura de agua potable y evaluar la capacidad del sistema existente frente a un horizonte de planeación definido. Un análisis poblacional adecuado es indispensable para identificar si la infraestructura actual resulta suficiente o si presenta limitaciones estructurales que justifiquen procesos de optimización o ampliación del sistema.

Para el presente diagnóstico, la proyección de población se desarrolló para el **casco urbano del municipio de Tibú**, incorporando tanto la población residente como la población

flotante, con el fin de representar de manera más realista la presión ejercida sobre el sistema de acueducto. Esta aproximación permite capturar no solo el crecimiento demográfico permanente, sino también los incrementos temporales de consumo asociados a la dinámica urbana y económica del municipio.

La **Tabla 5.1** presenta la proyección de población urbana del municipio de Tibú para el período de análisis, incluyendo los valores estimados para los años inicial y final del horizonte, así como su evolución intermedia. Estos resultados constituyen la base para la estimación de la demanda de agua potable desarrollada en el capítulo siguiente.

Tabla 5.1. Proyección de población urbana del municipio de Tibú (2018–2050)

AÑO	Método Aritmético		Método Geométrico		Método Exponencial		PROYECCIÓN OTRAS FUENTES
	Población	P+PF	Población	P+PF	Población	P+PF	DANE
	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]
2018	19627	21590	19627	21590	19627	21590	19627
2019	19922	21915	20068	22075	20066	22073	20683
2020	20217	22239	20519	22571	20515	22567	21488
2021	20512	22564	20981	23080	20975	23073	22155
2022	20807	22888	21453	23599	21444	23589	22429
2023	21102	23213	21935	24129	21925	24118	22632
2024	21397	23538	22429	24672	22416	24658	22759
2025	21692	23862	22933	25227	22918	25210	22859
2026	21987	24187	23449	25794	23431	25775	22952
2027	22283	24511	23977	26375	23956	26352	23045
2028	22578	24836	24516	26968	24492	26942	23150
2029	22873	25160	25067	27574	25040	27544	23240

2030	23168	25485	25631	28195	25601	28162	23326
2031	23398	25738	26081	28690	26047	28652	23418
2032	23629	25992	26539	29193	26501	29152	23492
2033	23859	26246	27005	29706	26963	29660	23555
2034	24090	26499	27480	30228	27433	30177	23631
2035	24320	26753	27963	30760	27911	30703	23696
2036	24486	26935	28316	31148	28259	31085	
2037	24652	27118	28674	31542	28613	31475	
2038	24818	27300	29037	31941	28970	31867	
2039	24984	27483	29404	32345	29332	32266	
2040	25150	27665	29776	32754	29699	32669	
2041	25251	27776	30005	33006	29924	32917	
2042	25352	27888	30237	33261	30151	33167	
2043	25453	27999	30471	33519	30380	33418	
2044	25555	28111	30706	33777	30611	33673	
2045	25656	28222	30943	34038	30843	33928	
2046	25693	28263	31029	34132	30926	34019	
2047	25730	28303	31116	34228	31010	34111	
2048	25766	28343	31203	34324	31093	34203	
2049	25803	28384	31291	34421	31177	34295	
2050	25840	28424	31378	34516	31262	34389	

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025

5.1. ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL

De acuerdo con los resultados de la proyección, la población urbana total del municipio de Tibú pasa de un valor aproximado de **21.590 habitantes en el año 2018** a **34.389 habitantes en el año 2050**, lo que representa un incremento absoluto del orden de **12.800 habitantes** a lo largo del horizonte de planeación. Este crecimiento evidencia una tendencia sostenida y progresiva de la población urbana, sin variaciones abruptas o decrecimientos significativos durante el período analizado.

El incremento poblacional acumulado entre 2018 y 2050 equivale a un crecimiento cercano al **59 %**, lo cual implica una presión creciente sobre el sistema de acueducto urbano en términos de demanda de agua potable. Este comportamiento confirma que las necesidades del servicio no permanecen estáticas, sino que aumentan de manera gradual y continua, especialmente hacia los años finales del horizonte de planeación.

El análisis de los valores intermedios muestra que la población urbana proyectada supera los **25.000 habitantes** alrededor del año 2026 y alcanza valores cercanos a los **30.000 habitantes** hacia la mitad del horizonte, consolidando un escenario de crecimiento que debe ser considerado de manera explícita en la evaluación de la capacidad del sistema existente.

La **Figura 5.1** ilustra la curva de crecimiento de la población urbana total proyectada para el período 2018–2050. La forma de la curva presenta una pendiente positiva constante, lo cual indica un crecimiento regular y acumulativo de la población. Este comportamiento resulta coherente con escenarios de planeación de infraestructura de agua potable y refuerza la necesidad de evaluar el sistema de acueducto no solo frente a la demanda actual, sino también frente a los requerimientos futuros derivados de dicho crecimiento.

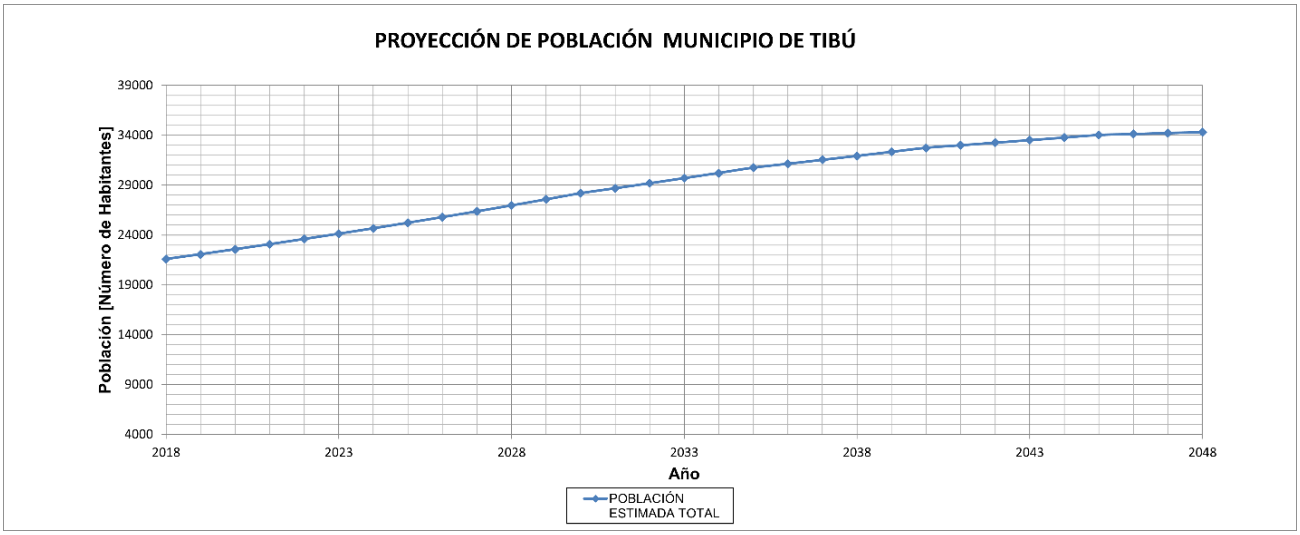


Figura 5-1. Curva de crecimiento poblacional proyectado
Fuente: INGEOMAD SAS, 2025

5.2. RELACIÓN DE LA PROYECCIÓN POBLACIONAL CON EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA

La proyección poblacional desarrollada en este capítulo constituye la base para la estimación de la demanda actual y futura de agua potable del municipio de Tibú. Los valores de población total proyectada serán utilizados en el capítulo siguiente para el cálculo de los caudales de diseño del sistema, incorporando los parámetros de dotación y pérdidas técnicas definidos para el análisis.

El crecimiento sostenido de la población urbana identificado en la proyección implica un aumento progresivo de la presión sobre el sistema de acueducto existente. En consecuencia, la evaluación de la capacidad del sistema deberá considerar tanto las condiciones actuales como los escenarios futuros, con el fin de establecer si la infraestructura disponible es suficiente o si se requiere su optimización para garantizar un abastecimiento continuo, confiable y sostenible.

En este contexto, la proyección poblacional desarrollada establece el marco cuantitativo necesario para evaluar la suficiencia de las fuentes de abastecimiento y de la infraestructura existente, y constituye el insumo base para la estimación de la demanda actual y futura de agua potable presentada en el capítulo siguiente. El crecimiento sostenido de la población urbana refuerza la necesidad de analizar la capacidad del sistema bajo

escenarios de máxima exigencia y de identificar oportunamente las limitaciones que puedan comprometer la prestación del servicio en el largo plazo.

6. DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DE AGUA POTABLE

La estimación de la demanda de agua potable del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú permite cuantificar los caudales que deben ser suministrados para atender de manera adecuada a la población actual y futura. Este análisis se desarrolla a partir de la proyección poblacional definida en el capítulo anterior y de la aplicación de parámetros técnicos de dotación, pérdidas y factores de mayoración, con el fin de representar condiciones reales y críticas de operación del sistema.

Para efectos del diagnóstico, la demanda se evaluó considerando escenarios representativos del horizonte de planeación, con énfasis en las condiciones de máxima exigencia del sistema, dado que estas determinan la confiabilidad del suministro y la capacidad de la infraestructura existente. La **Tabla 6.1** presenta el resumen de los caudales de demanda calculados para el sistema de acueducto urbano, expresados en términos de caudal máximo proyectado al horizonte del proyecto, el cual constituye el parámetro de referencia para el análisis de suficiencia del sistema.

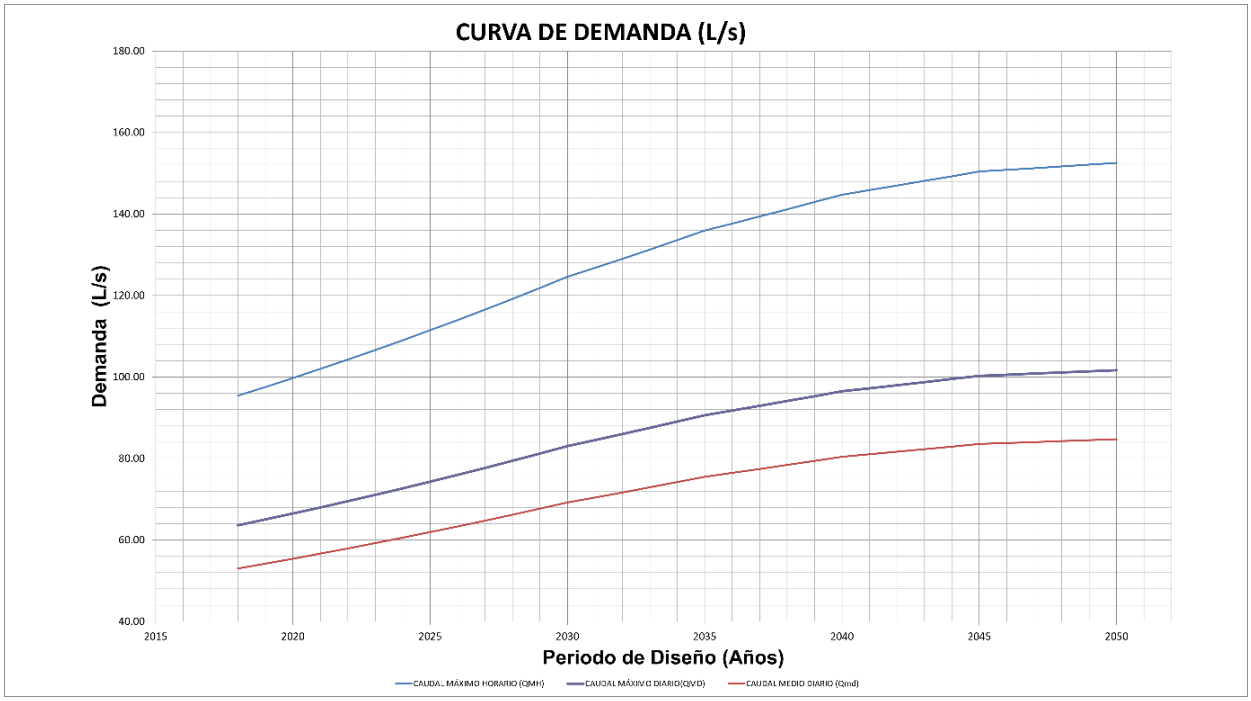


Figura 6-1. Gráfica de Curva de Demanda hasta año horizonte 2050
Fuente: INGEOMAD SAS, 2025.

El análisis de la demanda indica que, para el año horizonte **2050**, el sistema de acueducto urbano deberá ser capaz de suministrar un caudal del orden de **101,69 L/s** para atender adecuadamente a la población proyectada. Este valor incorpora el crecimiento poblacional esperado y las condiciones de consumo consideradas, y representa el nivel de exigencia frente al cual debe evaluarse la capacidad del sistema existente.

En la condición actual, el sistema cuenta con dos fuentes de abastecimiento que aportan caudal a la red de acueducto urbano. La fuente subterránea existente, correspondiente a un pozo profundo de pequeña capacidad, aporta aproximadamente **18,00 L/s**, mientras que la fuente superficial mediante la bocatoma existente permite incorporar un caudal del orden de **40,00 L/s** al sistema. Estos aportes configuran una **oferta efectiva total de aproximadamente 58,00 L/s** bajo las condiciones actuales de operación.

La comparación directa entre la demanda máxima proyectada (**101,69 L/s**) y la oferta efectiva disponible (**58,00 L/s**) evidencia una diferencia significativa entre los requerimientos del sistema y su capacidad actual de suministro. Esta diferencia corresponde a un **déficit estructural de aproximadamente 43,69 L/s**, el cual no puede ser cubierto mediante la infraestructura existente.

El déficit identificado no obedece a una variación temporal o circunstancial de la demanda, sino a una insuficiencia estructural del sistema frente al horizonte de planeación considerado. En consecuencia, el análisis de la demanda confirma que el sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú requiere la incorporación de capacidad adicional de suministro para garantizar la continuidad, confiabilidad y sostenibilidad del servicio en el largo plazo.

Los resultados de este capítulo constituyen un insumo fundamental para la evaluación de la oferta hídrica y la identificación de las limitaciones del sistema, las cuales se analizan en el capítulo siguiente. En particular, la cuantificación del déficit de **43,69 L/s** establece el marco técnico para la evaluación de alternativas orientadas a cerrar la brecha entre la oferta disponible y la demanda futura del sistema.

7. OFERTA HÍDRICA Y DISPONIBILIDAD DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO

La evaluación de la oferta hídrica constituye un componente esencial del diagnóstico del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú, dado que permite determinar la capacidad real de las fuentes de abastecimiento para atender la demanda actual y futura

de agua potable. Este análisis se orienta a establecer la disponibilidad efectiva del recurso hídrico, considerando tanto las condiciones naturales de las fuentes como las restricciones técnicas y ambientales asociadas a su aprovechamiento.

El sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú cuenta con fuentes de abastecimiento de origen superficial y subterráneo, las cuales han sido utilizadas de manera complementaria para atender el suministro de agua potable. En el marco del diagnóstico, se evalúa la oferta hídrica de cada una de estas fuentes, con el fin de identificar su aporte al sistema, su confiabilidad y las limitaciones que pueden afectar la continuidad del servicio.

7.1. FUENTE SUPERFICIAL – RÍO TIBÚ

La fuente superficial del sistema de acueducto urbano corresponde al río Tibú, el cual constituye históricamente el principal eje de abastecimiento del municipio. Desde el punto de vista hidrológico, el río presenta una disponibilidad de caudal suficiente para atender la demanda del sistema, incluso bajo escenarios conservadores de análisis.

Para una condición de excedencia del 95 % del tiempo, el río Tibú presenta un caudal del orden de **5,38 m^3/s**. Al descontar el caudal ecológico requerido para la preservación del ecosistema, estimado en **3,95 m^3/s**, se dispone de un caudal aprovechable aproximado de **1,43 m^3/s**, valor ampliamente superior a la demanda máxima proyectada del sistema de acueducto urbano (**101,69 L/s**). Este resultado evidencia que la fuente superficial no presenta una limitación asociada a la disponibilidad natural del recurso.

No obstante, el caudal que efectivamente puede ser incorporado al sistema mediante la infraestructura existente es significativamente menor. Bajo las condiciones actuales de captación, aducción y tratamiento, la bocatoma superficial aporta al sistema un caudal aproximado de **40,00 L/s**, el cual representa cerca del **39 %** de la demanda máxima proyectada al horizonte 2050. Este valor no refleja una restricción hidrológica, sino una limitación asociada a la capacidad de la infraestructura existente para captar y tratar mayores volúmenes de agua.

Adicionalmente, el aprovechamiento de la fuente superficial se encuentra expuesto a factores de vulnerabilidad operativa, tales como incrementos súbitos de turbiedad durante eventos de lluvia intensa, crecientes, estiajes prolongados, procesos de erosión y afectaciones por fenómenos naturales extremos. Estas condiciones pueden generar

interrupciones temporales en la captación o en la operación de la planta de tratamiento, aun cuando exista disponibilidad de caudal en el río.

Tabla 7-1. Parámetros hidrológicos representativos del río Tibú para el abastecimiento

Parámetro	Valor	Unidad	Observaciones para el abastecimiento
Caudal medio del río Tibú	5,38	m^3/s	Caudal asociado a una excedencia del 95% del tiempo; representa una condición conservadora de disponibilidad.
Caudal ecológico	3,95	m^3/s	Caudal mínimo que debe mantenerse en el cauce para garantizar la sostenibilidad ambiental del ecosistema acuático.
Caudal disponible para aprovechamiento	1,43	m^3/s	Resultado de descontar el caudal ecológico del caudal medio disponible (equivalente a 1.430 L/s).
Demanda máxima proyectada al horizonte 2050	0,102	m^3/s	Corresponde a 101,69 L/s requeridos para el abastecimiento urbano futuro.
Relación caudal disponible / demanda	≈ 14,0	—	El caudal disponible del río es ampliamente superior a la demanda proyectada.
Caudal efectivamente incorporado al sistema	0,040	m^3/s	Limitado por la capacidad de captación, aducción y tratamiento existentes.
Condición hidrológica de la fuente	Variable	—	Alta sensibilidad a crecientes, estiajes y eventos de alta turbiedad.
Confiabilidad hidrológica	Media	—	Adecuada en términos de cantidad, limitada en continuidad operativa por calidad del agua.

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025.

7.2. FUENTE SUBTERRÁNEA – POZO PROFUNDO EXISTENTE

El sistema de acueducto urbano dispone adicionalmente de una fuente subterránea mediante un pozo profundo existente, el cual aporta un caudal aproximado de **18,00 L/s** al sistema. Este pozo se caracteriza por una operación más estable en el tiempo, con menor sensibilidad a la variabilidad climática y a los eventos de alta turbiedad que afectan a la fuente superficial.

En términos de la demanda máxima proyectada al horizonte de planeación (**101,69 L/s**), el aporte del pozo existente representa alrededor del **18 %** del caudal requerido. Si bien este aporte resulta insuficiente para atender de manera autónoma una fracción significativa de la demanda futura, su contribución es relevante desde el punto de vista de confiabilidad y continuidad del servicio, al constituirse en una fuente menos vulnerable frente a eventos externos.

La capacidad limitada del pozo existente restringe su papel dentro del esquema de abastecimiento, el cual se orienta principalmente al apoyo del sistema superficial y no a la cobertura integral de la demanda urbana. En consecuencia, su aporte, aunque estable, no permite cerrar la brecha identificada entre oferta y demanda. ¿

7.3. ANÁLISIS DE LA OFERTA HÍDRICA TOTAL DEL SISTEMA

La combinación de los aportes de la fuente superficial (**40,00 L/s**) y de la fuente subterránea existente (**18,00 L/s**) configura una **oferta efectiva total de aproximadamente 58,00 L/s** para el sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú. Este valor corresponde al caudal que el sistema es capaz de suministrar de manera realista bajo las condiciones actuales de infraestructura y operación.

Al contrastar esta oferta efectiva con la demanda máxima proyectada al horizonte de planeación (**101,69 L/s**), se identifica un **déficit del orden de 43,69 L/s**, lo que implica que el sistema actual cubre únicamente cerca del **57 %** de la demanda futura. Esta brecha no se explica por la falta de recurso hídrico, sino por la incapacidad del sistema existente para incorporar caudales suficientes de manera confiable.

Si bien una ampliación de la infraestructura superficial podría incrementar la capacidad nominal de captación y tratamiento, un esquema basado exclusivamente en la fuente superficial mantendría una alta exposición a riesgos operativos asociados a la variabilidad hidrológica y a la calidad del agua cruda. En este sentido, la dependencia predominante de

una única tipología de fuente limita la resiliencia del sistema frente a eventos extremos y situaciones de emergencia.

Desde una perspectiva de seguridad hídrica, el análisis de la oferta hídrica pone de manifiesto la necesidad de avanzar hacia un esquema de abastecimiento que permita cerrar el déficit identificado y, al mismo tiempo, mejorar la confiabilidad del servicio mediante la reducción de la dependencia exclusiva de la fuente superficial. Esta consideración constituye un insumo fundamental para la evaluación posterior de alternativas de solución orientadas a fortalecer el sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú y garantizar un suministro continuo, seguro y sostenible en el largo plazo.

8. BALANCE ENTRE OFERTA Y DEMANDA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

El balance entre la oferta hídrica disponible y la demanda actual y futura de agua potable constituye uno de los elementos centrales del diagnóstico del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú, dado que permite evaluar de manera integrada la suficiencia del esquema de abastecimiento existente frente a los requerimientos proyectados de la población. Este análisis se fundamenta en los resultados de la estimación de la demanda presentada en el Capítulo 6 y en la evaluación de la oferta hídrica desarrollada en el Capítulo 7.

Para el horizonte de planeación considerado, correspondiente al año 2050, la demanda máxima del sistema de acueducto urbano alcanza un valor de 101,69 L/s, el cual representa el escenario de mayor exigencia para la infraestructura de abastecimiento. Este caudal constituye el parámetro de referencia para evaluar la capacidad del sistema existente y determinar la existencia de déficits estructurales.

Desde el punto de vista de la oferta efectiva, el sistema de acueducto urbano cuenta actualmente con dos aportes principales: la fuente superficial asociada a la bocatoma sobre el río Tibú, con un caudal efectivo de 40,00 L/s, y la fuente subterránea correspondiente al pozo profundo existente, con un aporte aproximado de 18,00 L/s. La combinación de ambas fuentes configura una oferta total efectiva del orden de 58,00 L/s, bajo las condiciones actuales de infraestructura y operación.

La Tabla 8-1 presenta el resumen del balance entre oferta y demanda del sistema de acueducto urbano, considerando los caudales representativos identificados en el diagnóstico.

Tabla 8-1. Balance oferta–demanda del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú

Concepto	Caudal (L/s)	Observaciones
Demanda máxima proyectada al año 2050	**101,69**	Demanda de diseño al horizonte de planeación
Oferta superficial – Río Tibú	**40,00**	Caudal efectivo condicionado por captación y calidad
Oferta subterránea existente – Pozo profundo	**18,00**	Caudal estable, limitado por capacidad del pozo
Oferta total efectiva del sistema	**58,00**	Suma de las fuentes actualmente operativas
Déficit estructural del sistema	**43,69**	Diferencia entre demanda proyectada y oferta efectiva

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025.

El análisis del balance evidencia que la oferta efectiva actual cubre únicamente alrededor del 57 % de la demanda máxima proyectada al horizonte de planeación, dejando un déficit estructural de aproximadamente 43,69 L/s. Este déficit no corresponde a una condición puntual o transitoria, sino a una insuficiencia permanente del sistema frente al crecimiento proyectado de la población y al incremento progresivo de la demanda de agua potable.

Es importante resaltar que este desequilibrio entre oferta y demanda no se explica por una limitación en la disponibilidad natural del recurso hídrico. Tal como se evidenció en el análisis hidrológico del río Tibú, existe caudal suficiente desde el punto de vista natural para atender los requerimientos del sistema. Sin embargo, la capacidad efectiva de aprovechamiento de dicho recurso se encuentra condicionada por las limitaciones físicas, operativas y de confiabilidad de la infraestructura existente.

Adicionalmente, el balance pone de manifiesto que el esquema actual de abastecimiento presenta una alta vulnerabilidad frente a eventos que afecten la fuente superficial, tales como incrementos extremos de turbiedad, crecientes súbitas o estiajes prolongados, los cuales pueden reducir de manera significativa la oferta efectiva disponible. En estos escenarios, la participación del pozo existente, aunque estable, resulta insuficiente para compensar la reducción del aporte superficial y garantizar la continuidad del servicio.

En consecuencia, el balance entre oferta y demanda confirma que el sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú opera bajo un escenario de déficit estructural y limitada resiliencia, en el cual la capacidad actual de suministro no permite atender de manera confiable los requerimientos futuros de la población. Este resultado establece la necesidad

de evaluar alternativas de solución orientadas a incrementar la oferta efectiva del sistema y a mejorar su confiabilidad operativa, de manera que se logre cerrar la brecha identificada y garantizar un abastecimiento seguro y sostenible en el largo plazo.

Con el fin de establecer la disponibilidad de agua y el balance hídrico del sistema de acueducto urbano, se parte del análisis hidrológico del río Tibú bajo un criterio conservador de disponibilidad: el caudal correspondiente a una **excedencia del 95 % del tiempo**, el cual se adopta como referencia de "caudal seguro" para abastecimiento. Para esta condición, el caudal del río es de **5,38 m^3/s**; al considerar el **caudal ecológico** de **3,95 m^3/s**, el caudal potencialmente aprovechable para uso antrópico es de **1,43 m^3/s** (equivalente a **1.430 L/s**). Este valor es significativamente superior a la **demanda máxima proyectada al año 2050** de **101,69 L/s**, lo que indica que, desde el punto de vista estrictamente hidrológico, la fuente superficial presenta disponibilidad suficiente para atender el requerimiento de largo plazo.

Sin embargo, el balance hídrico del sistema debe contrastar no solo el caudal natural disponible, sino la **oferta efectiva** que logra incorporarse al sistema con la infraestructura existente. En la condición actual, el sistema aprovecha aproximadamente **40,00 L/s** desde la bocatoma superficial y **18,00 L/s** desde el pozo profundo existente, para una oferta total efectiva de **58,00 L/s**. Al comparar esta oferta con la demanda máxima de **101,69 L/s**, se obtiene un **déficit de 43,69 L/s**, que corresponde al caudal adicional que el sistema debe incorporar para cumplir el horizonte del proyecto. Este resultado evidencia que el cuello de botella del abastecimiento no se encuentra en la disponibilidad natural del río, sino en la capacidad del sistema para **captar, conducir, tratar y regular** caudales acordes con la demanda futura.

En términos de variabilidad y riesgo, el uso del indicador de excedencia **95 %** permite inferir que el análisis ya contempla una condición hidrológica conservadora asociada a estiajes (disponibilidad alta en porcentaje del tiempo). No obstante, la confiabilidad del abastecimiento superficial no depende únicamente de cantidad, sino de la **calidad del agua cruda** y de su estabilidad durante eventos hidrometeorológicos. Aun con caudal suficiente, el sistema superficial puede ver reducida su oferta efectiva por episodios de **turbiedad alta** y **crecientes súbitas**, que incrementan la complejidad del tratamiento y pueden obligar a reducir caudal tratado o suspender captación de manera temporal por condiciones operativas. Este tipo de vulnerabilidad es crítico porque el aporte superficial representa hoy **40,00 L/s** (casi el **69 %** de la oferta efectiva actual de 58,00 L/s), por lo que una afectación temporal de la bocatoma impacta directamente la continuidad del servicio.

Para la fuente subterránea existente, el aporte de **18,00 L/s** actúa como componente de estabilidad del abastecimiento, debido a su menor sensibilidad a eventos de turbiedad y crecientes; sin embargo, su capacidad actual es limitada frente al horizonte 2050 y no permite compensar por sí sola una reducción significativa del aporte superficial ni cerrar el déficit estructural identificado. En consecuencia, con la información disponible, el diagnóstico permite concluir que el sistema requiere incrementar la oferta efectiva en aproximadamente **43,69 L/s** y, adicionalmente, incorporar criterios de **confiabilidad** frente a eventos que afecten la operación de la fuente superficial.

En relación con la exigencia normativa de cantidad y calidad histórica, este diagnóstico cuenta con indicadores hidrológicos que soportan la disponibilidad cuantitativa del río (incluyendo caudal ecológico y caudal seguro por excedencia), pero la información disponible no incluye en este punto una serie consolidada de parámetros fisicoquímicos o microbiológicos del agua cruda por temporada, ni un análisis específico de escenarios cuantificados de cambio climático. Por lo tanto, estos elementos se identifican como componentes a complementar en la fase de estructuración y selección de alternativa, de manera que la solución escogida asegure no solo caudal, sino continuidad del servicio bajo condiciones de variabilidad hidrológica y calidad del agua.

9. DIAGNÓSTICO POR COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

El diagnóstico por componentes del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú permite identificar de manera específica las limitaciones físicas, hidráulicas y operativas que explican el déficit entre la oferta efectiva actual y la demanda proyectada al horizonte de planeación. Este análisis se desarrolla para cada uno de los elementos que conforman el sistema, con el fin de establecer los cuellos de botella que restringen la capacidad de aprovechamiento del recurso hídrico disponible.

9.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO

El sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú se abastece actualmente a partir de dos fuentes principales: una fuente superficial correspondiente al río Tibú y una fuente subterránea asociada a un pozo profundo existente. Estas fuentes conforman la oferta efectiva del sistema y determinan su capacidad real para atender la demanda de agua potable.

La fuente superficial, correspondiente al río Tibú, aporta el mayor porcentaje del caudal tratado. La captación se realiza mediante una bocatoma lateral con sistema de bombeo, con una capacidad instalada cercana a 45 L/s. No obstante, el caudal efectivamente incorporado al sistema es del orden de 40,0 a 40,5 L/s, valor condicionado por la capacidad de bombeo, la calidad del agua cruda y las restricciones operativas asociadas a eventos de alta turbiedad y fallas del sistema eléctrico.

Desde el punto de vista hidrológico, el río Tibú presenta una disponibilidad natural ampliamente superior a la demanda del sistema. Para una excedencia del 95 %, el caudal disponible, una vez descontado el caudal ecológico, se estima en aproximadamente 1.430 L/s. En consecuencia, la limitación de esta fuente no está asociada a la disponibilidad del recurso hídrico, sino a la capacidad de la infraestructura existente para captar, conducir y tratar mayores volúmenes de agua.

La fuente subterránea está conformada por un pozo profundo de aproximadamente 915 m de profundidad, que capta agua de la formación Arenisca Mirador. Este pozo presenta un caudal operativo de aproximadamente 18 L/s, superior al caudal concesionado de 15 L/s, y se caracteriza por una alta estabilidad frente a la variabilidad climática. Sin embargo, el agua captada presenta temperaturas elevadas, entre 50 y 60 °C, así como concentraciones significativas de hierro, lo que exige procesos específicos de tratamiento.

La contribución conjunta de ambas fuentes permite una oferta efectiva total del sistema cercana a 58,0 L/s, valor que resulta insuficiente frente a la demanda máxima proyectada al horizonte de planeación. La dependencia predominante de la fuente superficial, que aporta cerca del 70 % del caudal tratado, incrementa la vulnerabilidad del sistema frente a eventos de turbiedad, crecientes súbitas y fallas operativas.

En este contexto, el análisis de las fuentes de abastecimiento evidencia que el sistema actual no cuenta con capacidad suficiente ni con redundancia adecuada para atender de manera confiable la demanda futura, lo cual constituye una de las principales brechas estructurales del sistema de acueducto urbano de Tibú.

9.2. CAPTACIÓN

La captación de agua para el sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú se realiza actualmente a partir de dos fuentes principales: una fuente superficial correspondiente al

río Tibú y una fuente subterránea asociada a un pozo profundo existente. Estas infraestructuras determinan el volumen máximo de agua que puede ser incorporado al sistema y condicionan de manera directa la confiabilidad del abastecimiento.

9.2.1 Captación superficial – Río Tibú

La captación de la fuente superficial se efectúa mediante una bocatoma lateral en concreto construida en el año 1996, localizada sobre el río Tibú. La infraestructura incluye un tanque de admisión con un volumen aproximado de **58,57 m^3**, desde el cual el agua es impulsada hacia la planta de tratamiento mediante un sistema de bombeo.

La estación de bombeo asociada a la captación cuenta con **cuatro electrobombas marca Hidromac**, con potencias instaladas de **30 HP y 40 HP**, que permiten un caudal bombeado efectivo del orden de **40,0 a 40,5 L/s**, operando generalmente dos equipos en paralelo. La altura manométrica del sistema es de aproximadamente **59 m**, y la subestación eléctrica dispone de una capacidad instalada de **75 kVA**.

Aunque la infraestructura presenta una capacidad instalada cercana a **45 L/s**, el caudal efectivamente incorporado al sistema se encuentra limitado por factores operativos y de confiabilidad. Entre estos se destacan la alta turbiedad del agua cruda durante eventos de precipitación, la sensibilidad de los equipos de bombeo a fallas eléctricas y la ausencia de una planta eléctrica de respaldo operativa, lo cual incrementa el riesgo de interrupciones del servicio.

Adicionalmente, la captación superficial presenta una alta vulnerabilidad asociada a su localización en una zona con antecedentes de atentados a infraestructura petrolera aguas arriba, a distancias aproximadas de **5,3 km y 7 km**, lo que incrementa el riesgo de contaminación accidental del recurso hídrico. Estas condiciones afectan de manera directa la confiabilidad del abastecimiento, aun cuando la disponibilidad natural del río sea ampliamente suficiente.

9.2.2 Captación subterránea – Pozo profundo existente

La captación subterránea se realiza mediante un pozo profundo de aproximadamente **915 m de profundidad**, que explota la formación geológica **Arenisca Mirador**. El pozo presenta un caudal operativo del orden de **18 L/s**, valor superior al caudal concesionado de **15 L/s**, y se caracteriza por una alta estabilidad frente a la variabilidad climática.

A diferencia de la fuente superficial, la captación subterránea presenta menor vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos y una mayor continuidad en el suministro. No obstante, el agua captada presenta temperaturas elevadas, entre **50 y 60 °C**, así como concentraciones significativas de hierro, lo que exige procesos específicos de enfriamiento, aireación y oxidación antes de su incorporación al sistema de distribución.

Si bien esta fuente aporta aproximadamente el **31 % de la oferta efectiva actual**, su capacidad resulta insuficiente para compensar fallas prolongadas en la captación superficial o para cerrar el déficit estructural del sistema frente al horizonte de planeación. En consecuencia, la captación subterránea existente actúa como un complemento del sistema, pero no como una fuente capaz de garantizar por sí sola la confiabilidad del abastecimiento urbano.

9.2.3 Evaluación global del componente de captación

El análisis del componente de captación evidencia que el sistema de acueducto urbano de Tibú depende de una fuente superficial dominante, con alta vulnerabilidad operativa, y de una fuente subterránea estable pero limitada en capacidad. La combinación de estas condiciones restringe la posibilidad de incrementar la oferta efectiva del sistema y reduce su resiliencia frente a eventos de falla o contingencia.

Estas limitaciones consolidan la captación como uno de los principales cuellos de botella del sistema, cuya superación requiere intervenciones de carácter estructural que permitan mejorar la confiabilidad y sostenibilidad del abastecimiento de agua potable.

Tabla 9-1. Resumen del sistema de captación

Componente	Característica principal	Valor
Captación superficial	Caudal bombeado	40,0 – 40,5 L/s
Captación superficial	Capacidad instalada	≈ 45 L/s
Tanque de admisión	Volumen	58,57 m^3
Estación de bombeo	Potencia bombas	30 y 40 HP
Subestación eléctrica	Capacidad	75 kVA

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025.

9.3. ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN

El sistema de aducción y conducción del acueducto urbano de Tibú corresponde a la infraestructura encargada de transportar el agua captada desde las fuentes hasta las plantas de tratamiento y, posteriormente, hacia los tanques de almacenamiento. Este componente constituye uno de los principales limitantes estructurales del sistema, al encontrarse dimensionado para los caudales actuales y presentar condiciones físicas y operativas que restringen su confiabilidad y posibilidad de expansión.

9.3.1 Aducción desde la captación superficial

La aducción desde la captación superficial del río Tibú hasta la planta de tratamiento tiene una longitud aproximada de **3,3 km** y está conformada por tuberías de **diámetro nominal 10 pulgadas**, fabricadas en **PVC y asbesto cemento**. La línea fue diseñada para transportar los caudales actualmente bombeados, del orden de **40 L/s**, sin considerar incrementos significativos de capacidad.

El sistema cuenta con un número limitado de accesorios hidráulicos, específicamente **tres ventosas** y **dos purgas**, lo cual resulta insuficiente para la longitud y condiciones topográficas del trazado. Esta situación incrementa el riesgo de acumulación de aire, sobrepresiones y dificultades operativas durante el arranque y paro del sistema de bombeo.

Desde el punto de vista físico y territorial, el trazado de la aducción presenta tramos que atraviesan **predios privados**, lo que dificulta el acceso para labores de inspección, mantenimiento y atención de emergencias. Adicionalmente, se identifican sectores con **procesos erosivos activos**, incluyendo un tramo aproximado de **250 m de longitud por 40 m de ancho**, así como una zona de **reptación superficial cercana a 0,6 ha**, que representan un riesgo significativo para la estabilidad de la tubería.

Estas condiciones generan una alta vulnerabilidad del sistema de aducción frente a eventos de falla estructural, deslizamientos o socavaciones, con impactos directos sobre la continuidad del servicio de acueducto urbano.

9.3.2 Conducción asociada a la fuente subterránea

La conducción asociada al pozo profundo existente presenta una extensión significativamente menor y se encuentra integrada directamente a la planta de tratamiento correspondiente. Desde el punto de vista hidráulico, esta conducción no presenta restricciones relevantes para el caudal operativo actual de **18 L/s**.

No obstante, su capacidad se encuentra limitada al caudal que puede ser extraído del pozo existente y no ofrece redundancia suficiente para suplir fallas prolongadas en la aducción superficial ni para atender incrementos significativos de demanda. En consecuencia, aunque la conducción subterránea presenta mayor estabilidad física, su aporte al sistema resulta marginal frente a las necesidades futuras del acueducto urbano.

9.3.3 Capacidad hidráulica y limitaciones del sistema de aducción

El sistema de aducción y conducción se encuentra hidráulicamente dimensionado para las condiciones actuales de operación y no dispone de capacidad suficiente para transportar caudales adicionales sin intervenciones estructurales. Aun en un escenario en el que se lograra incrementar la captación, la aducción existente impediría el transporte seguro y continuo de mayores volúmenes hacia las plantas de tratamiento.

La combinación de una capacidad hidráulica limitada, materiales con antigüedad significativa, insuficiencia de accesorios hidráulicos y exposición a riesgos geotécnicos consolida a la aducción como un **cuello de botella estructural del sistema**, cuya superación no puede lograrse mediante acciones de mantenimiento rutinario o ajustes operativos menores.

9.3.4 Evaluación global del componente de aducción y conducción

El análisis del componente de aducción y conducción evidencia que el sistema actual presenta una **alta vulnerabilidad física y operativa**, con restricciones significativas para la expansión de la oferta efectiva del acueducto urbano. Estas condiciones limitan la confiabilidad del abastecimiento y aumentan el riesgo de interrupciones prolongadas del servicio ante eventos de falla.

En consecuencia, la infraestructura de aducción y conducción existente no es compatible con los requerimientos de caudal y confiabilidad asociados al horizonte de planeación del sistema, lo que refuerza la necesidad de considerar soluciones integrales que permitan superar estas limitaciones estructurales.

Tabla 9-2. Características del sistema de aducción y conducción

Tramo	Longitud aproximada	Diámetro	Material	Condición relevante
Aducción río Tibú – PTAP	≈ 3,3 km	10”	PVC / Asbesto cemento	Riesgo erosivo y geotécnico
Conducción pozo profundo	Corta	—	—	Capacidad limitada al caudal del pozo

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025.

9.4. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE ACTUAL

El sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú cuenta actualmente con dos plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) en operación, ambas localizadas en un mismo predio, asociadas respectivamente a la fuente superficial del río Tibú y a la fuente subterránea del pozo profundo existente. Adicionalmente, se identifica una planta asociada a fuente subterránea que se encuentra fuera de operación.

9.4.1 PTAP asociada a la fuente superficial – Río Tibú

La PTAP asociada al río Tibú corresponde a una planta convencional construida en el año **1984**, con mejoras realizadas en **1998**. La planta fue diseñada para un caudal de **62 L/s**; sin embargo, el caudal operativo actual se encuentra limitado a aproximadamente **40 L/s**, en concordancia con la capacidad de captación y aducción existentes.

Esta planta atiende cerca del **75 % de la población urbana**, lo que la convierte en el principal componente del sistema de tratamiento. El tren de tratamiento está conformado por las siguientes unidades:

- Desarenador.
- Canaleta Parshall (sin reglilla de medición).
- Coagulación mediante dosificación de cloruro de aluminio.
- Floculación hidráulica con **2 líneas de 12 cámaras**.
- Sedimentación de alta tasa con **2 unidades en operación** y **1 unidad inconclusa**.
- Filtración mediante **6 filtros de tasa declinante**.

- Desinfección con cloro.
- Laboratorio de control de calidad (en estado regular).

Desde el punto de vista estructural, la PTAP se reporta como estable, sin evidencia de asentamientos diferenciales ni fallas mayores. No obstante, presenta deficiencias asociadas a la falta de mantenimiento preventivo, ausencia de cerramiento perimetral adecuado y deterioro de algunos componentes. La **vida útil remanente** de la planta se estima entre **10 y 20 años**, condicionada a la ejecución de actividades de mantenimiento y reposición de equipos.

A pesar de su estabilidad estructural, la PTAP no cuenta con capacidad suficiente para absorber incrementos significativos de caudal ni para operar de manera confiable en escenarios de alta turbiedad prolongada, lo que limita su aporte frente al horizonte de planeación del sistema.

9.4.2 PTAP asociada a la fuente subterránea – Pozo profundo existente

La PTAP asociada al pozo profundo existente corresponde a una planta convencional de configuración circular, diseñada para tratar un caudal de **18 L/s**, equivalente al caudal operativo del pozo. Esta planta atiende aproximadamente el **25 % de la población urbana**, correspondiente a cerca de **5.946 usuarios**.

El tren de tratamiento incluye:

- Torre de enfriamiento y aireación compuesta por **4 módulos**, cada uno con **10 bandejas**, utilizando coque como catalizador para la remoción de hierro.
- Floculador circular con **10 cámaras**.
- Sedimentador circular.
- Filtro rápido.
- Sistema de desinfección eléctrica.

La planta fue objeto de un proceso de optimización en el año **2015**, orientado a mejorar su desempeño frente a las altas temperaturas del agua y el contenido de hierro. Desde el punto de vista estructural, la PTAP se encuentra en condiciones estables y presenta una operación relativamente confiable dentro de los límites de su capacidad de diseño.

No obstante, su aporte al sistema es limitado por el caudal del pozo existente y no permite compensar fallas significativas en la PTAP asociada a la fuente superficial ni atender incrementos de demanda en el mediano y largo plazo.

9.4.3 PTAP fuente subterránea fuera de operación

Adicionalmente, se identifica la existencia de una planta de tratamiento asociada a fuente subterránea, localizada en el barrio Técnico, que actualmente se encuentra fuera de operación. Esta infraestructura no aporta caudal al sistema y su estado funcional no permite considerarla como una fuente efectiva de abastecimiento en las condiciones actuales.

9.4.4 Evaluación global del componente de tratamiento

El análisis del componente de tratamiento evidencia que las PTAP existentes operan al límite de su capacidad efectiva y no cuentan con margen suficiente para absorber incrementos de caudal acordes con la demanda futura del sistema. La dependencia predominante de la PTAP superficial, sumada a su vulnerabilidad frente a la calidad del agua cruda, incrementa el riesgo de interrupciones del servicio.

Si bien la PTAP subterránea existente presenta mayor estabilidad operativa, su capacidad es insuficiente para garantizar la confiabilidad del sistema en escenarios de crecimiento de la demanda o fallas prolongadas en la fuente superficial. En conjunto, la infraestructura de tratamiento actual no resulta compatible con los requerimientos de caudal, confiabilidad y flexibilidad asociados al horizonte de planeación del acueducto urbano de Tibú.

Tabla 9-3. Características de las plantas de tratamiento existentes

PTAP	Fuente	Caudal de diseño (L/s)	Caudal operativo (L/s)	Estado general	Observaciones
PTAP Río Tibú	Superficial	62	≈ 40	Estable	Alta vulnerabilidad a turbiedad
PTAP Pozo profundo	Subterránea	18	18	Estable	Limitada por caudal del pozo
PTAP fuentes ubterránea	Subterránea	—	0	Fuera de operación	No aporta al sistema

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025.

9.5. ALMACENAMIENTO

El componente de almacenamiento del sistema de acueducto urbano de Tibú cumple un papel fundamental en la regulación de caudales, la compensación de variaciones horarias de la demanda y la garantía de continuidad del servicio ante interrupciones temporales en la captación o el tratamiento. El diagnóstico evidencia que, si bien el sistema cuenta con infraestructura de almacenamiento disponible, presenta limitaciones en términos de capacidad efectiva, estado de conservación y autonomía operativa.

9.5.1 Infraestructura de almacenamiento existente

El sistema de acueducto urbano dispone actualmente de **cuatro tanques de almacenamiento**, de los cuales **tres se encuentran en operación**, con los siguientes volúmenes aproximados:

- Tanque superficial N.° 1: **630 m^3**
- Tanque superficial N.° 2: **205 m^3**
- Tanque elevado: **195 m^3**

El **volumen útil total operativo** del sistema de almacenamiento es del orden de **1.030 m^3**. Adicionalmente, se reporta la existencia de **tres tanques nuevos en construcción**, ejecutados en el marco del Plan Departamental de Aguas (PDA), los cuales a la fecha del diagnóstico **no han sido entregados ni incorporados al sistema** y, por tanto, no aportan capacidad efectiva de regulación.

9.5.2 Estado físico y condiciones operativas

Desde el punto de vista estructural, los tanques existentes se reportan como estables; sin embargo, presentan deficiencias asociadas a la falta de mantenimiento preventivo, tales como válvulas sin tapas de protección, presencia de corrosión en elementos metálicos y deterioro de accesorios hidráulicos. Estas condiciones incrementan el riesgo de fallas operativas y pérdidas de agua, y reducen la vida útil remanente de la infraestructura.

El tanque elevado es alimentado mediante un sistema de bombeo conformado por **dos bombas Hidromac de 25 HP**, cuya operación ha generado eventos de **golpe de ariete**, provocando fisuras estructurales en el tanque. Esta situación representa un riesgo tanto para la integridad de la estructura como para la continuidad del servicio en los sectores abastecidos desde este elemento.

9.5.3 Capacidad de regulación y autonomía del sistema

El volumen de almacenamiento disponible resulta limitado frente a la demanda actual y futura del sistema. Considerando una demanda máxima proyectada de **101,69 L/s**, el volumen operativo actual de **1.030 m^3** proporciona una autonomía reducida, insuficiente para absorber interrupciones prolongadas en la captación o el tratamiento.

Adicionalmente, la falta de incorporación de los tanques en construcción impide mejorar la capacidad de regulación del sistema en el corto plazo, manteniendo una alta dependencia de la operación continua de las PTAP y de las fuentes de abastecimiento.

9.5.4 Evaluación global del componente de almacenamiento

El análisis del componente de almacenamiento evidencia que el sistema actual presenta una **capacidad limitada de regulación y baja autonomía operativa**, lo que incrementa la vulnerabilidad del servicio frente a fallas en los componentes de captación, aducción o tratamiento. Si bien existe infraestructura disponible, su estado de conservación y la falta de incorporación de nuevas unidades restringen su aporte efectivo a la confiabilidad del sistema.

Estas condiciones consolidan el almacenamiento como un componente crítico del sistema de acueducto urbano, cuya optimización resulta necesaria para mejorar la continuidad y resiliencia del servicio frente al horizonte de planeación.

Tabla 9-4. Infraestructura de almacenamiento del sistema de acueducto

Tanque	Tipo	Volumen aproximado (m^3)	Estado	Observaciones
Tanque 1	Superficial	630	Operativo	Requiere mantenimiento
Tanque 2	Superficial	205	Operativo	Capacidad limitada
Tanque elevado	Elevado	195	Operativo	Fisuras por golpe de ariete
Tanques PDA	Superficial	—	En construcción	No incorporados

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025.

9.6. RED DE DISTRIBUCIÓN, MEDICIÓN Y CONTINUIDAD DEL SERVICIO

La red de distribución del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú presenta una cobertura del 100 % del área urbana, atendiendo aproximadamente 5.946 usuarios, de los cuales 5.614 corresponden a usuarios residenciales. La infraestructura está conformada principalmente por tuberías en PVC, con una longitud aproximada de 47.858 m, y por tramos menores en hierro fundido que suman cerca de 252 m. Los diámetros de la red varían entre ½" y 12", permitiendo la distribución del agua hacia los distintos sectores del casco urbano.

Desde el punto de vista físico, la red no presenta fallas estructurales generalizadas que comprometan su integridad; no obstante, el desempeño hidráulico y operativo del sistema se encuentra fuertemente condicionado por deficiencias en la medición, el control y la continuidad del servicio. El sistema dispone únicamente de dos macromedidores instalados, los cuales resultan insuficientes para realizar un control efectivo de los caudales distribuidos, establecer balances hídricos confiables y evaluar el comportamiento hidráulico del sistema en condiciones normales y de contingencia.

La limitada macromedición impide cuantificar de manera precisa las pérdidas reales y aparentes del sistema, así como identificar sectores críticos con consumos anómalos o fugas relevantes. Esta situación restringe la capacidad operativa del prestador para tomar decisiones basadas en información técnica confiable y dificulta la optimización del sistema de distribución.

En cuanto a la micromedición, la cobertura alcanza aproximadamente el 62 % de los usuarios, lo que implica que un porcentaje significativo de las conexiones no cuenta con medición individual del consumo. Esta condición limita la gestión de la demanda, dificulta la implementación de esquemas tarifarios equitativos y reduce la capacidad de control sobre el uso eficiente del recurso hídrico. La combinación de baja macromedición y micromedición incompleta afecta directamente la sostenibilidad técnica y financiera del servicio de acueducto.

La prestación del servicio se caracteriza por una operación altamente sectorizada, con esquemas de distribución por turnos que dependen de la disponibilidad de agua y de la limitada capacidad de regulación del sistema. En algunos sectores del casco urbano, la continuidad del servicio alcanza valores tan bajos como el 26,6 % del tiempo, lo que evidencia una prestación intermitente del servicio. Esta condición genera variaciones significativas de presión en la red, incrementa el riesgo de ingreso de contaminantes y afecta la percepción del servicio por parte de los usuarios.

La red de distribución cuenta con 61 válvulas de control y 15 hidrantes, número inferior al requerido para una cobertura adecuada del área urbana, estimado en aproximadamente 40 hidrantes. Esta situación limita la capacidad de sectorización efectiva y reduce la respuesta del sistema ante emergencias y eventos de incendio.

Las deficiencias en la medición, el control hidráulico y la continuidad del servicio evidencian que, aunque la red presenta una cobertura amplia y un estado físico aceptable, su operación no es eficiente ni confiable frente a los requerimientos actuales y futuros del sistema de acueducto urbano.

Tabla 9-5. Medición, control y continuidad del sistema de distribución

Parámetro	Valor
Cobertura urbana	100%
Usuarios totales	5.946
Micromedición	≈ 62 %
Usuarios sin micromedición	≈ 38 %
Macromedidores	2
Continuidad mínima reportada	26,6 %
Válvulas	61
Hidrantes existentes	15
Hidrantes requeridos (aprox.)	40

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025.

9.7. BRECHAS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO FRENTE AL HORIZONTE DE PLANEACIÓN

El análisis del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú, a partir de la evaluación de sus componentes de captación, aducción, tratamiento, almacenamiento y distribución, permite identificar brechas estructurales significativas frente a los requerimientos del horizonte de planeación adoptado.

Desde el punto de vista de la oferta, el sistema cuenta con una capacidad efectiva aproximada de **58 L/s**, mientras que la demanda máxima proyectada al año 2050 asciende a **101,69 L/s**, lo que genera un déficit estructural del orden de **43,69 L/s**. Esta brecha no puede ser cerrada mediante ajustes operativos ni acciones de mantenimiento sobre la infraestructura existente, dado que los principales componentes del sistema operan al límite de su capacidad.

La captación superficial, aunque respaldada por una amplia disponibilidad natural del recurso hídrico, se encuentra limitada por la capacidad de bombeo, la calidad variable del agua cruda y su alta vulnerabilidad frente a eventos climáticos y operativos. La captación subterránea existente aporta estabilidad al sistema, pero su caudal es insuficiente para compensar fallas prolongadas en la fuente superficial o para atender el crecimiento de la demanda.

La infraestructura de aducción y conducción se encuentra dimensionada para los caudales actuales y presenta restricciones hidráulicas y físicas que impiden el transporte seguro de mayores volúmenes de agua. Estas limitaciones se ven agravadas por la presencia de riesgos geotécnicos y por la antigüedad de los materiales utilizados.

En cuanto al tratamiento, las plantas de tratamiento existentes no cuentan con capacidad suficiente ni flexibilidad operativa para absorber incrementos significativos de caudal o responder de manera confiable a escenarios de mayor exigencia. La dependencia predominante de la PTAP asociada a la fuente superficial incrementa la vulnerabilidad del sistema, mientras que la PTAP asociada al pozo profundo existente presenta una capacidad limitada frente al horizonte de planeación.

El componente de almacenamiento presenta una capacidad de regulación reducida en relación con la demanda proyectada, lo que limita la autonomía del sistema y obliga a una operación altamente dependiente de la continuidad de las fuentes y de las plantas de tratamiento. A su vez, la red de distribución, aunque con cobertura urbana total, presenta deficiencias importantes en términos de continuidad del servicio, medición y control hidráulico, lo que afecta la eficiencia operativa y la sostenibilidad del sistema.

Las brechas identificadas evidencian que el sistema de acueducto urbano de Tibú no es compatible con los requerimientos de caudal, confiabilidad y continuidad asociados al horizonte de planeación. En consecuencia, se requiere la formulación y evaluación de alternativas de optimización que permitan incrementar la oferta efectiva, mejorar la redundancia del sistema y fortalecer su capacidad de respuesta frente a escenarios de crecimiento de la demanda y eventos adversos.

Tabla 9-6. Síntesis de brechas del sistema de acueducto

Componente	Situación actual	Requerimiento horizonte
Oferta efectiva	58 L/s	101,69 L/s

Captación	Vulnerable y limitada	Mayor confiabilidad
Aducción	Capacidad restringida	Transporte seguro de mayores caudales
Tratamiento	Operación al límite	Flexibilidad y ampliación
Almacenamiento	Baja autonomía	Mayor regulación
Distribución	Intermitencia y bajo control	Continuidad y eficiencia

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025.

10. CONCLUSIONES

- El diagnóstico integral del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú evidencia que, si bien existe disponibilidad natural suficiente del recurso hídrico superficial en el río Tibú, la **oferta efectiva de agua potable está severamente condicionada por las limitaciones físicas, operativas y funcionales de la infraestructura existente**. En consecuencia, la problemática del abastecimiento no radica en la ausencia de recurso, sino en la incapacidad del sistema actual para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir los caudales requeridos de manera confiable.
- El balance oferta–demanda demuestra que el sistema opera bajo un **déficit estructural significativo**, con una oferta efectiva total aproximada de **58,00 L/s** frente a una **demanda máxima proyectada de 101,69 L/s al horizonte 2050**, lo que representa una brecha de **43,69 L/s**. Este déficit no puede ser resuelto mediante ajustes operativos menores ni mediante la optimización aislada de uno de los componentes del sistema, dado que responde a restricciones estructurales acumuladas a lo largo de toda la cadena de abastecimiento.
- La fuente superficial del río Tibú, aunque hidrológicamente suficiente, presenta **alta vulnerabilidad operativa** asociada a eventos de creciente, incrementos extremos de turbiedad, estiajes y riesgos de contaminación antrópica aguas arriba, lo que reduce la confiabilidad del sistema y obliga a operar bajo esquemas restrictivos y turnos de servicio. Esta dependencia predominante de la fuente superficial incrementa el riesgo de desabastecimientos repentinos ante eventos climáticos o contingencias externas.
- La fuente subterránea actualmente en operación aporta un caudal estable y menos sensible a la variabilidad climática; sin embargo, su **capacidad actual es limitada** y no permite compensar de manera significativa las restricciones del sistema superficial ni cerrar el déficit identificado. La configuración actual del sistema carece de redundancia suficiente que garantice continuidad del servicio ante fallas parciales de alguna de las fuentes.
- Las plantas de tratamiento de agua potable, ubicadas en un mismo predio, son funcionales para los caudales actualmente incorporados al sistema, pero **no ofrecen margen suficiente para atender incrementos de demanda futura** ni para responder de forma robusta a escenarios de mayor exigencia hidráulica u operativa. Adicionalmente, ambas PTAP presentan **deficiencias de mantenimiento, ausencia**

de infraestructura de protección perimetral y signos de deterioro, lo que incide en su vida útil remanente y confiabilidad operativa.

- El sistema de almacenamiento, aunque estructuralmente estable, presenta **limitaciones importantes en capacidad de regulación, estado de conservación y vida útil**, reduciendo la autonomía operativa del sistema y amplificando el impacto de interrupciones temporales en la captación o el tratamiento. La falta de volúmenes adecuados de reserva limita la capacidad del sistema para absorber variaciones de demanda y eventos imprevistos.
- La red de distribución presenta un estado físico general aceptable; no obstante, la **ausencia de macromedición funcional y la cobertura incompleta de micromedición** restringen el control operativo, la cuantificación real de pérdidas y la gestión eficiente del recurso hídrico, afectando tanto la sostenibilidad técnica como financiera del servicio.
- En conjunto, el diagnóstico confirma que el sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú **opera al límite de su capacidad**, con una infraestructura que responde a condiciones históricas de menor demanda y que no es compatible con los requerimientos proyectados al horizonte de planeación. Estas condiciones hacen necesario avanzar hacia la formulación y evaluación de alternativas de solución integrales, orientadas a fortalecer la oferta efectiva, mejorar la confiabilidad del sistema y reducir su vulnerabilidad frente a eventos climáticos y operativos, garantizando un abastecimiento sostenible en el largo plazo.

11. BIBLIOGRAFÍA

WSP Colombia S.A.S. (2016). *Diagnóstico del sistema de acueducto y alcantarillado del municipio de Tibú, Norte de Santander*. Informe técnico. Contrato suscrito con el municipio de Tibú. Colombia.

EMPRESAS MUNICIPALES DE TIBU ESP

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 018 de 2025

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

2026

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 5
2. OBJETIVOS 6
2.1. OBJETIVO GENERAL 6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7
3. ALCANCE Y METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS 7
3.1. ALCANCE DEL DOCUMENTO 7
3.2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 8
3.3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PONDERACIÓN 9
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO CONSIDERADO 10
5. PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS 11
5.1. ALTERNATIVA 1: POZO PERFORADO NUEVO + NUEVA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) 11
5.1.1 Descripción técnica integral 11
5.1.2 Análisis de confiabilidad operativa 13
5.1.3 Análisis de riesgos y seguridad 14
5.1.4 Análisis ambiental (Cualitativo) 15
5.1.5 Análisis social (Cualitativo) 16
5.1.6 Análisis técnico-económico preliminar 17
5.1.7 Consideraciones de operación y mantenimiento 17
5.2. ALTERNATIVA 2: POZO PERFORADO NUEVO + REHABILITACIÓN PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) DESHABILITADA 18
5.2.1 Descripción técnica integral 18
5.2.2 Análisis de confiabilidad operativa 19
5.2.3 Análisis de riesgos y vulnerabilidad 20
5.2.4 Análisis ambiental (cualitativo) 21

5.2.5 Análisis social (Cualitativo) 22
5.2.6 Análisis técnico-económico preliminar 23
5.2.7 Consideraciones de operación y mantenimiento 23
6. ANÁLISIS COMPARATIVO Y MATRIZ MULTICRITERIO 25
6.1. ENFOQUE DEL ANÁLISIS COMPARATIVO 25
6.2. DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN 26
6.3. ASIGNACIÓN DE PONDERACIONES 28
6.4. ASIGNACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE PUNTAJES 29
6.4.1 Criterio técnico 29
6.4.2 Criterio operativo 30
6.4.3 Criterio económico y financiero 30
6.4.4 Criterio ambiental 30
6.4.5 Criterio social 31
6.5. RESULTADOS DE LA MATRIZ MULTICRITERIO 31
7. ALTERNATIVA RECOMENDADA 32
8. CONCLUSIONES 35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Localización Global Zona de Estudio – Zona Urbana Tibú (Norte de Santander) . 6
Figura 5-1. Plano de PTAP nueva propuesta 12

LISTA DE TABLAS

Tabla 3-1. Resumen de alternativas a presentar 8
Tabla 5-1.Comparación técnica preliminar de alternativas 24
Tabla 6-1. Matriz multicriterio de evaluación de alternativas 31

1. INTRODUCCIÓN

El presente Documento de Selección de Alternativas hace parte de los **Estudios y Diseños de Preinversión para la Optimización del Acueducto Urbano del municipio de Tibú, Norte de Santander**, y tiene como finalidad definir la alternativa más conveniente para integrar una nueva fuente de abastecimiento de agua subterránea al sistema urbano existente, en el horizonte de diseño establecido.

El análisis parte del supuesto técnico ya definido de incorporar un nuevo pozo profundo como fuente adicional de suministro. En este marco, el documento no corresponde a una etapa diagnóstica, sino a un ejercicio de evaluación comparativa de alternativas que permitan materializar el caudal producido por el pozo en una solución funcional de abastecimiento, asegurando su conducción, tratamiento y entrega efectiva al sistema urbano de acueducto.

Bajo este enfoque, se reconoce que la viabilidad del proyecto no depende únicamente de la captación subterránea, sino de la correcta articulación entre los componentes de pozo, aducción, tratamiento, almacenamiento y conexión con la red de distribución, de tal forma que el agua producida pueda incorporarse de manera confiable y continua al sistema existente, cumpliendo con los criterios de cantidad, calidad y operación requeridos.

El documento evalúa dos alternativas técnicamente viables para la integración del nuevo pozo profundo, diferenciadas por el esquema de tratamiento asociado: (i) la construcción de una nueva planta de tratamiento de agua potable, y (ii) la rehabilitación y adecuación de una planta de tratamiento existente actualmente deshabilitada.

Cada alternativa es analizada de manera integral, considerando su configuración hidráulica, confiabilidad operativa, riesgos y vulnerabilidad, implicaciones ambientales y sociales, requerimientos de operación y mantenimiento, y una estimación técnico-económica preliminar de orden de magnitud. El análisis se orienta a establecer cómo cada alternativa permite incorporar el caudal del nuevo pozo al sistema urbano, definiendo puntos de entrega, capacidades y condiciones de operación coherentes con las necesidades actuales y futuras del municipio.

Finalmente, la selección de la alternativa se sustenta mediante una **matriz multicriterio**, con criterios y ponderaciones claramente definidos, que permite comparar objetivamente las opciones evaluadas y formular una recomendación técnica consistente, alineada con

los lineamientos del sector de agua potable y saneamiento básico y los requerimientos para la viabilización del proyecto.

La Figura 1-1 presenta la localización general del proyecto, indicando el municipio de Tibú, Norte de Santander, el área urbana y el predio donde se concentran las principales infraestructuras del sistema de acueducto relacionadas con el proyecto.

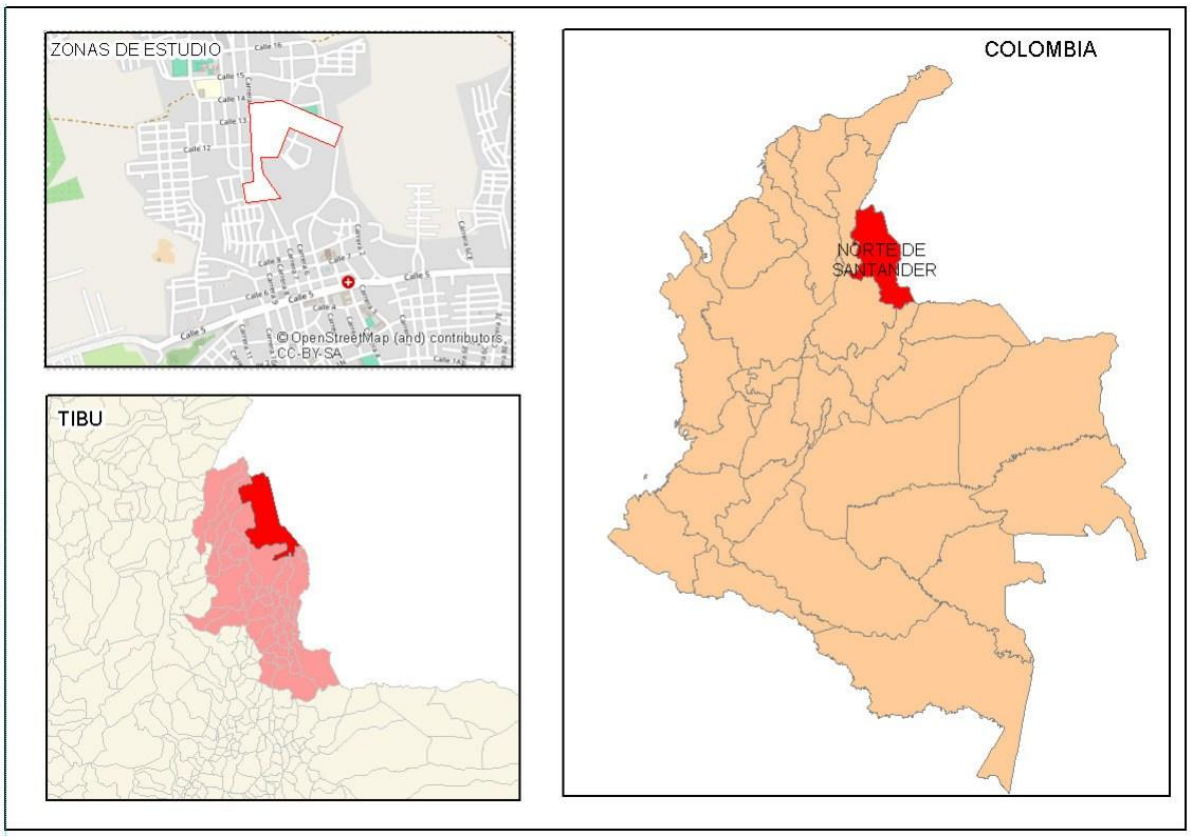


Figura 1-1. Localización Global Zona de Estudio – Zona Urbana Tibú (Norte de Santander)
Fuente: INGEOMAD SAS, 2025

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Seleccionar la alternativa técnica más conveniente para la integración de un nuevo pozo profundo al sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú, garantizando una solución funcional que permita la conducción, tratamiento y entrega efectiva del caudal producido al sistema existente, bajo criterios de confiabilidad, sostenibilidad y viabilidad integral.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir y describir las alternativas de integración del nuevo pozo profundo al sistema de acueducto urbano, considerando de manera articulada los componentes de captación, aducción, tratamiento, almacenamiento y conexión con la red de distribución existente.
- Establecer, para cada alternativa, los esquemas de funcionamiento hidráulico y operativo que permitan incorporar el caudal del nuevo pozo en puntos de entrega definidos del sistema urbano, asegurando su aprovechamiento efectivo.
- Evaluar la confiabilidad operativa de las alternativas, considerando la continuidad del servicio, la flexibilidad ante condiciones de operación y mantenimiento, y la interacción con las infraestructuras existentes del sistema de acueducto.
- Analizar de forma cualitativa los riesgos, la vulnerabilidad y las implicaciones ambientales y sociales asociadas a cada alternativa, desde una perspectiva preventiva y de sostenibilidad.
- Estimar de manera preliminar los costos de inversión y las implicaciones técnicas y operativas de cada alternativa, con un nivel de detalle acorde con la etapa de preinversión.
- Comparar las alternativas mediante una matriz multicriterio con criterios y ponderaciones claramente definidos, que permita sustentar de forma objetiva la alternativa recomendada para el desarrollo del proyecto.

3. ALCANCE Y METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1. ALCANCE DEL DOCUMENTO

El presente Documento de Selección de Alternativas tiene como alcance evaluar y comparar esquemas técnicamente viables para la integración de un nuevo pozo profundo al sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú, considerando la configuración completa y funcional del sistema de abastecimiento.

El análisis se limita a definir cómo el caudal producido por el nuevo pozo puede ser incorporado de manera efectiva al sistema existente, mediante la articulación de los componentes de captación, aducción, tratamiento, almacenamiento y conexión con la red de distribución urbana. En consecuencia, el documento no desarrolla estudios de detalle ni

diseños definitivos, sino que establece configuraciones técnicas preliminares de orden de magnitud, suficientes para sustentar la selección de la alternativa más conveniente en la etapa de preinversión.

El alcance del análisis incluye la evaluación de la confiabilidad operativa, los riesgos y la vulnerabilidad de cada alternativa, así como sus implicaciones ambientales, sociales, económicas y operativas. El documento se orienta a seleccionar una alternativa que permita avanzar hacia la estructuración de un proyecto funcional de acueducto, susceptible de ser desarrollado en etapas posteriores de diseño a mayor nivel de detalle.

Tabla 3-1. Resumen de alternativas a presentar

Alternativa	Fuente de abastecimiento	Infraestructura de tratamiento	Sistema de aducción	Integración al sistema existente	Enfoque funcional
Alternativa 1: Nuevo pozo profundo + PTAP nueva	Nuevo pozo profundo	Construcción de nueva planta de tratamiento de agua potable, diseñada para el caudal y la calidad del agua subterránea	Aducción a presión desde el pozo hasta la nueva PTAP	Incorporación del caudal tratado a los tanques de almacenamiento y a la red de distribución urbana existente	Integración completa mediante infraestructura nueva, con capacidad de diseño acorde al caudal requerido y mayor flexibilidad operativa
Alternativa 2: Nuevo pozo profundo + PTAP rehabilitada	Nuevo pozo profundo	Rehabilitación y adecuación de planta de tratamiento existente actualmente deshabilitada	Aducción a presión desde el pozo hasta la PTAP existente	Incorporación del caudal tratado a los tanques de almacenamiento y a la red de distribución urbana existente	Integración condicionada a la capacidad y estado de la infraestructura existente, con mayores restricciones operativas

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025

3.2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

La selección de alternativas se realiza mediante una metodología estructurada que permite comparar de manera objetiva las opciones evaluadas, con base en su desempeño técnico, operativo, ambiental, social y económico.

Para cada alternativa se desarrolla una descripción técnica integral, en la que se define el esquema funcional completo de abastecimiento, incluyendo el pozo profundo, el sistema de aducción, la infraestructura de tratamiento, la integración con el almacenamiento existente y la conexión con la red de distribución urbana. En esta descripción se establecen

capacidades, caudales de diseño y criterios operativos que permiten entender cómo el agua producida por el pozo se incorpora al sistema.

Posteriormente, se evalúa la confiabilidad operativa de cada alternativa, considerando aspectos como redundancia, flexibilidad de operación, facilidad de mantenimiento y comportamiento del sistema ante escenarios de falla o restricción en alguno de sus componentes.

El análisis incluye la identificación de riesgos y vulnerabilidad, asociados tanto a la construcción como a la operación de las alternativas, así como un análisis cualitativo de las implicaciones ambientales y sociales, enfocado en la magnitud de las intervenciones, la afectación al entorno y la aceptación social del proyecto.

Adicionalmente, se realiza una estimación técnico-económica preliminar de orden de magnitud, que permite comparar las alternativas en términos de inversión inicial y requerimientos de operación y mantenimiento, sin entrar en presupuestos detallados.

3.3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PONDERACIÓN

La comparación entre alternativas se realiza mediante una matriz multicriterio, construida a partir de criterios claramente definidos y ponderados, que permiten reflejar las prioridades técnicas y operativas del proyecto.

Los criterios mínimos considerados incluyen:

- **Criterio técnico**, asociado a la capacidad del sistema para incorporar el caudal del nuevo pozo, su compatibilidad con la infraestructura existente y su desempeño hidráulico y de tratamiento.
- **Criterio ambiental**, relacionado con la magnitud de las intervenciones, la generación de impactos y la sostenibilidad del esquema propuesto.
- **Criterio económico y financiero**, enfocado en los costos de inversión y los requerimientos económicos asociados a la implementación y operación de cada alternativa.
- **Criterio social**, vinculado a la afectación a la comunidad, la percepción del proyecto y los beneficios en términos de continuidad y calidad del servicio.

- **Criterio operativo**, relacionado con la facilidad de operación y mantenimiento, la confiabilidad del sistema y la flexibilidad ante diferentes escenarios de operación.

Cada criterio es ponderado de acuerdo con su relevancia para la viabilidad del proyecto y se asignan puntajes justificados para cada alternativa, con base en los análisis desarrollados. El resultado de la matriz multicriterio permite sustentar de manera objetiva la alternativa recomendada para el desarrollo del proyecto.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO CONSIDERADO

El sistema de abastecimiento considerado en el presente documento corresponde a un esquema integrado de suministro de agua potable para el área urbana del municipio de Tibú, en el cual la incorporación de una nueva fuente subterránea se concibe como un componente adicional que fortalece la confiabilidad y capacidad del sistema existente.

El enfoque adoptado parte de la premisa de que el nuevo pozo profundo debe operar de manera articulada con la infraestructura actual de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución, permitiendo su inserción dentro del esquema operativo del acueducto urbano. En este sentido, el nuevo pozo no se plantea como un sistema independiente, sino como una fuente complementaria cuya producción debe ser adecuadamente conducida y tratada antes de su incorporación al sistema.

Desde el punto de vista funcional, el sistema considerado incluye los siguientes componentes: captación subterránea mediante pozo profundo, sistema de aducción desde el pozo hasta la infraestructura de tratamiento, planta de tratamiento de agua potable asociada al nuevo caudal, integración con los tanques de almacenamiento existentes y conexión con la red de distribución urbana. Estos componentes conforman una cadena hidráulica continua, orientada a asegurar la entrega efectiva del caudal producido al sistema urbano.

El esquema general de operación considera que el agua subterránea captada será tratada conforme a los requerimientos de calidad establecidos por la normatividad vigente, y posteriormente incorporada al sistema de almacenamiento y distribución existente, ya sea como aporte principal o complementario, dependiendo de las condiciones operativas del sistema en cada escenario. Este enfoque permite mejorar la resiliencia del acueducto frente a eventos de restricción en otras fuentes y facilita una operación más flexible y confiable.

En términos de cobertura, el sistema considerado se orienta a aportar caudal al sistema urbano de acueducto, de manera que el agua producida por el nuevo pozo contribuya al abastecimiento de la población servida, ya sea de forma general o mediante esquemas de sectorización hidráulica que se definan en etapas posteriores de diseño. La definición precisa de estos esquemas operativos se desarrolla de manera preliminar en el análisis de cada alternativa.

El diagnóstico del sistema de acueducto urbano evidenció deficiencias significativas en el componente de almacenamiento actualmente operativo, asociadas tanto a limitaciones de capacidad de regulación como a condiciones de deterioro y vulnerabilidad estructural. Estas deficiencias inciden directamente en la confiabilidad del servicio y en la capacidad del sistema para absorber incrementos de oferta o responder ante eventos de contingencia.

En este contexto, la selección de alternativas no se limita a la incorporación de un nuevo pozo profundo, sino que plantea esquemas funcionales que abordan de manera integral el tratamiento y el almacenamiento del caudal adicional requerido. Por esta razón, las alternativas evaluadas consideran explícitamente la construcción de una nueva PTAP con tanques de almacenamiento nuevos, o la rehabilitación de una PTAP actualmente deshabilitada junto con sus estructuras de almacenamiento asociadas, como mecanismos para superar las deficiencias identificadas en el diagnóstico y garantizar una integración operativa confiable al sistema urbano.

La descripción general del sistema constituye el marco de referencia para el desarrollo y comparación de las alternativas evaluadas, permitiendo analizar cómo cada esquema propuesto integra el nuevo pozo profundo al sistema existente y garantiza una solución funcional de abastecimiento de agua potable para el municipio de Tibú.

5. PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS

5.1. ALTERNATIVA 1: POZO PERFORADO NUEVO + NUEVA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)

5.1.1 Descripción técnica integral

La Alternativa 1 plantea la incorporación de un nuevo pozo profundo como fuente adicional de abastecimiento, asociado a la **construcción de una nueva planta de tratamiento de agua potable (PTAP)** diseñada específicamente para el caudal y la calidad del agua subterránea captada, así como su integración hidráulica al sistema urbano existente.

El esquema funcional considera una cadena completa de abastecimiento conformada por captación subterránea, aducción desde el pozo hasta la PTAP, tratamiento del agua, incorporación al almacenamiento existente y posterior distribución a través de la red urbana. Este enfoque permite dimensionar cada componente de manera coherente con el caudal aportado por el nuevo pozo y con los requerimientos operativos del sistema.

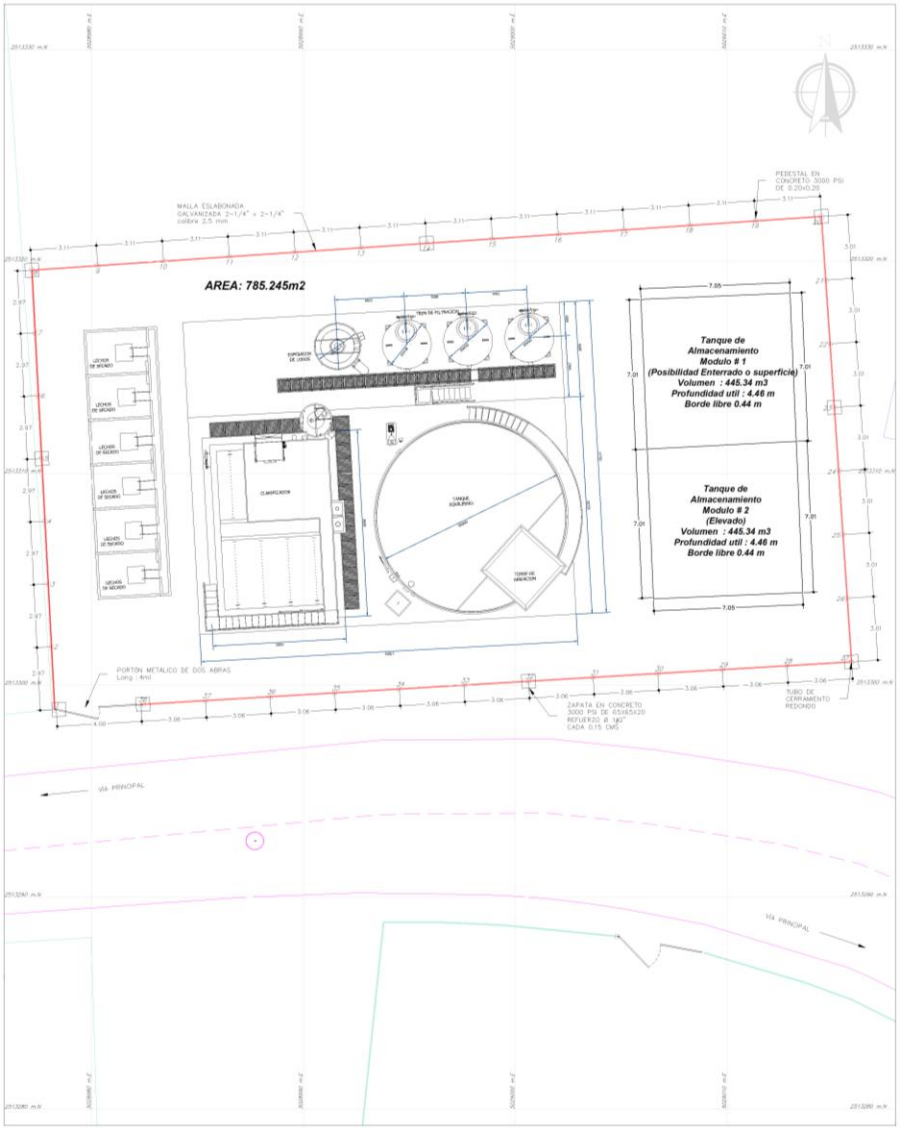


Figura 5-1. Plano de PTAP nueva propuesta
Fuente: INGEOMAD SAS, 2026

La Figura 5-1 presenta el esquema funcional de la Alternativa 1, plasmando el sistema de la nueva planta de tratamiento de agua potable y tanques de almacenamiento, diseñados específicamente para el caudal aportado.

El nuevo pozo profundo se concibe con un caudal de diseño preliminar coherente con el déficit estructural identificado del sistema, de manera que su aporte contribuya de forma significativa al fortalecimiento del abastecimiento urbano. El régimen de operación del pozo y su sistema de bombeo se define considerando operación continua o semipermanente, con criterios de confiabilidad y facilidad de mantenimiento.

La aducción desde el pozo hasta la PTAP corresponde a una conducción a presión, cuyo trazado, longitud y diámetro se definen de manera preliminar en función de la localización del pozo y del sitio propuesto para la nueva planta. El dimensionamiento hidráulico preliminar considera pérdidas por fricción y pérdidas menores, así como la selección de equipos de bombeo acordes con el caudal y la altura manométrica requerida.

La nueva PTAP se diseña para tratar el caudal completo aportado por el pozo, incorporando un tren de tratamiento compatible con las características fisicoquímicas del agua subterránea. De manera preliminar, el esquema de tratamiento considera procesos de aireación, contacto y desinfección, clarificación fisicoquímica y filtración, con capacidad suficiente para manejar caudales superiores a los actualmente tratados en las plantas existentes. Este enfoque permite ajustar el diseño de la planta a los requerimientos de calidad del agua y a los caudales proyectados, sin las restricciones propias de infraestructuras preexistentes.

La alternativa de construcción de una nueva PTAP incorpora tanques de almacenamiento nuevos como parte integral de la solución, con el fin de superar las deficiencias de capacidad y confiabilidad identificadas en el sistema de almacenamiento existente. Esta configuración permite asegurar una regulación adecuada del caudal tratado, mejorar la autonomía operativa del sistema y reducir la dependencia de infraestructuras que presentan deterioro o limitaciones estructurales. La conexión se plantea de manera que el nuevo aporte pueda operar de forma complementaria a las fuentes actuales, mejorando la confiabilidad global del sistema.

5.1.2 Análisis de confiabilidad operativa

La confiabilidad operativa de la Alternativa 1 se sustenta en que el caudal aportado por el nuevo pozo profundo se incorpora al sistema mediante una infraestructura de tratamiento

diseñada específicamente para su capacidad y condiciones de operación. Esto permite definir, desde la etapa de diseño, parámetros operativos coherentes con el caudal objetivo, el régimen de operación del pozo y los requerimientos de calidad del agua, reduciendo incertidumbres asociadas a limitaciones físicas o funcionales de infraestructuras existentes.

Desde el punto de vista de continuidad del servicio, la alternativa permite operar el nuevo pozo y la nueva PTAP como un módulo adicional dentro del sistema urbano, lo cual incrementa la resiliencia operativa ante restricciones o fallas en otros componentes del sistema. En escenarios de afectación de la fuente superficial por eventos climáticos o incrementos de turbiedad, el aporte subterráneo tratado en una PTAP dedicada puede sostener parcialmente el suministro y contribuir a estabilizar la operación global del acueducto.

En relación con redundancia y mantenibilidad, la alternativa ofrece la posibilidad de incorporar desde el diseño elementos de respaldo en equipos críticos, tales como bombas, tableros eléctricos, sistemas de dosificación y unidades de filtración, así como configuraciones que faciliten el aislamiento por módulos y la programación de mantenimientos preventivos sin comprometer completamente la operación. De igual forma, el diseño de obras hidráulicas y electromecánicas nuevas permite optimizar accesibilidad, seguridad operativa y disponibilidad de repuestos, lo que se traduce en menores tiempos de parada por intervención.

Finalmente, al no depender de la rehabilitación de una infraestructura deshabilitada cuyo estado real puede implicar restricciones estructurales, hidráulicas u operativas, la Alternativa 1 reduce el riesgo de variabilidad en el desempeño durante la puesta en marcha y permite establecer un esquema de operación más predecible, controlable y compatible con los planes de expansión y optimización del sistema urbano de Tibú.

5.1.3 Análisis de riesgos y seguridad

Los riesgos asociados a la Alternativa 1 se concentran principalmente en la fase de implementación, debido a la ejecución de obras nuevas para la infraestructura de aducción y la planta de tratamiento. Estos riesgos están relacionados con aspectos constructivos, logísticos y de coordinación de obra, los cuales son propios de proyectos de infraestructura nueva y pueden ser gestionados mediante una adecuada planeación, programación y supervisión técnica.

Desde el punto de vista técnico, el desarrollo de una PTAP nueva reduce riesgos asociados a incompatibilidades hidráulicas o limitaciones estructurales, al permitir que los procesos de tratamiento, las unidades hidráulicas y los equipos electromecánicos se diseñen de forma coherente con el caudal y las características del agua subterránea captada. Esto disminuye la probabilidad de fallas operativas derivadas de sobrecargas, subdimensionamientos o adaptaciones forzadas de infraestructura existente.

En términos de vulnerabilidad, la alternativa presenta un comportamiento favorable frente a escenarios de variabilidad climática y eventos extremos, al basarse en una fuente subterránea menos expuesta a cambios bruscos de calidad y disponibilidad. Adicionalmente, la independencia funcional de la nueva PTAP frente a las plantas actuales limita la propagación de fallas entre sistemas y permite aislar eventuales contingencias sin afectar la totalidad del servicio.

Durante la fase de operación, los riesgos se asocian principalmente a la confiabilidad del sistema de bombeo y a la disponibilidad de energía eléctrica. Estos riesgos pueden mitigarse mediante la incorporación de equipos de respaldo, esquemas de operación alternos y protocolos de mantenimiento preventivo, los cuales pueden ser definidos desde la etapa de diseño de la infraestructura nueva.

En conjunto, la Alternativa 1 presenta un perfil de riesgo controlable y una vulnerabilidad reducida en comparación con esquemas que dependen de la adaptación de infraestructuras existentes, siempre que se implementen medidas adecuadas de gestión del riesgo y operación desde las fases iniciales del proyecto.

5.1.4 Análisis ambiental (Cualitativo)

Los impactos ambientales asociados a la Alternativa 1 se relacionan principalmente con la construcción de nueva infraestructura, incluyendo obras civiles para la planta de tratamiento, la instalación de la línea de aducción y el montaje de equipos electromecánicos. Durante esta fase, se prevén afectaciones temporales asociadas a movimiento de tierras, generación de residuos de construcción y posibles molestias por ruido y tránsito de maquinaria.

Estos impactos se consideran localizados y de carácter transitorio, y pueden ser manejados mediante la implementación de medidas de manejo ambiental propias de proyectos de infraestructura de acueducto, tales como control de material particulado, manejo

adecuado de residuos, protección de suelos y cuerpos de agua cercanos, y planes de restauración de áreas intervenidas.

En la fase de operación, la alternativa presenta ventajas desde el punto de vista ambiental, al incorporar una fuente subterránea cuya calidad es menos sensible a variaciones climáticas extremas, lo que reduce la necesidad de tratamientos intensivos y disminuye la generación de lodos asociados a eventos de alta turbiedad. Asimismo, la posibilidad de diseñar procesos de tratamiento más eficientes permite un uso más racional de insumos químicos y energía.

Desde una perspectiva ambiental general, la Alternativa 1 se alinea con un esquema de abastecimiento más estable y controlable, siempre que se garantice una adecuada gestión del recurso hídrico subterráneo y el cumplimiento de los permisos y medidas ambientales correspondientes.

5.1.5 Análisis social (Cualitativo)

Desde el punto de vista social, la Alternativa 1 se orienta a mejorar las condiciones de prestación del servicio de acueducto para la población urbana del municipio de Tibú, al fortalecer la continuidad y confiabilidad del suministro de agua potable mediante la incorporación de una nueva infraestructura de tratamiento asociada a una fuente subterránea.

Durante la fase de construcción, pueden presentarse afectaciones temporales a la comunidad cercanas al área de intervención, relacionadas principalmente con tránsito de maquinaria, ruido y ocupación puntual del espacio. Estas afectaciones son de carácter transitorio y pueden ser mitigadas mediante una adecuada gestión social del proyecto, que incluya información oportuna a la comunidad, señalización y coordinación con las autoridades locales.

En la fase de operación, los beneficios sociales se reflejan en una mayor estabilidad del servicio, reducción de interrupciones asociadas a eventos climáticos y mejora en la percepción de la calidad del agua suministrada. La incorporación de una PTAP diseñada específicamente para el nuevo caudal contribuye a generar mayor confianza en el sistema y a reducir riesgos asociados a la prestación irregular del servicio.

La alternativa no implica desplazamientos de población ni cambios significativos en el uso del suelo urbano, por lo que su implementación es socialmente viable y compatible con la

dinámica territorial del municipio, siempre que se mantenga una adecuada comunicación con la comunidad durante las diferentes etapas del proyecto.

5.1.6 Análisis técnico-económico preliminar

Desde el punto de vista técnico-económico, la Alternativa 1 implica una inversión inicial asociada principalmente a la construcción de una nueva planta de tratamiento de agua potable, la ejecución del sistema de aducción y la instalación de los equipos electromecánicos necesarios para la operación del pozo y de la PTAP. Estos costos corresponden a infraestructura nueva y se estiman a nivel de orden de magnitud, acorde con la etapa de preinversión.

Si bien la inversión inicial es mayor en comparación con esquemas que contemplan la adecuación de infraestructura existente, la construcción de una PTAP nueva permite optimizar el diseño desde su concepción, ajustando capacidades, procesos y equipos a las condiciones reales del caudal aportado por el nuevo pozo. Esto reduce el riesgo de incurrir en sobrecostos asociados a intervenciones correctivas, reforzamientos estructurales o limitaciones operativas no previstas.

En términos de costos de operación y mantenimiento, la alternativa ofrece la posibilidad de implementar procesos más eficientes y equipos con menores requerimientos de mantenimiento correctivo, lo que puede traducirse en una operación más predecible y controlada a lo largo del tiempo. Asimismo, la claridad en la configuración del sistema facilita la planificación de gastos operativos y la gestión técnica del acueducto.

En el largo plazo, la inversión en infraestructura nueva puede representar ventajas en términos de vida útil, confiabilidad y posibilidad de ampliación, aspectos que deben ser considerados en la evaluación integral de la alternativa dentro del proceso de selección.

5.1.7 Consideraciones de operación y mantenimiento

La operación del sistema propuesto en la Alternativa 1 se caracteriza por una configuración clara y definida, al contar con una planta de tratamiento diseñada específicamente para el caudal aportado por el nuevo pozo profundo. Esta condición facilita la estandarización de los procesos operativos y la capacitación del personal encargado de la operación del sistema.

La infraestructura nueva permite establecer rutinas de mantenimiento preventivo desde el inicio de la operación, incorporando accesibilidad adecuada a los equipos, disposición

ordenada de unidades de tratamiento y condiciones seguras para la intervención técnica. Esto contribuye a reducir tiempos de parada y a mejorar la disponibilidad operativa del sistema.

Adicionalmente, la independencia funcional de la nueva PTAP frente a las plantas existentes facilita la programación de mantenimientos sin afectar la operación de las otras fuentes del sistema. Esta flexibilidad operativa resulta relevante para garantizar la continuidad del servicio y una gestión más eficiente del acueducto urbano.

En conjunto, la Alternativa 1 ofrece condiciones favorables para una operación y mantenimiento ordenados y predecibles, con posibilidades de optimización y adaptación en función de las necesidades futuras del sistema.

5.2. ALTERNATIVA 2: POZO PERFORADO NUEVO + REHABILITACIÓN PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) DESHABILITADA

5.2.1 Descripción técnica integral

La Alternativa 2 contempla la incorporación de un nuevo pozo profundo como fuente adicional de abastecimiento, cuya producción es integrada al sistema urbano existente mediante la **rehabilitación y adecuación de una planta de tratamiento de agua potable actualmente deshabilitada**, ubicada en el mismo predio donde operan las demás infraestructuras del sistema.

El esquema funcional de esta alternativa está conformado por la captación subterránea a través del nuevo pozo, el sistema de aducción desde el pozo hasta la planta existente, la adecuación de las unidades de tratamiento necesarias para garantizar la calidad del agua, y la posterior incorporación del caudal tratado a los tanques de almacenamiento y a la red de distribución urbana.

El nuevo pozo profundo se proyecta con un caudal de diseño preliminar que permita aportar al déficit identificado del sistema. Dicho caudal deberá ser compatible con la capacidad hidráulica y de tratamiento que pueda alcanzar la PTAP rehabilitada, condición que constituye un aspecto crítico dentro de esta alternativa. El régimen de operación del pozo y su sistema de bombeo se define de manera preliminar, considerando la interacción con la infraestructura existente y las limitaciones operativas que esta pueda presentar.

La aducción desde el pozo hasta la PTAP corresponde a una conducción a presión de características similares a las planteadas en la Alternativa 1, cuyo trazado y

dimensionamiento preliminar dependen de la localización definitiva del pozo y del punto de ingreso a la planta existente. El diseño hidráulico preliminar considera pérdidas por fricción, pérdidas menores y requerimientos de bombeo acordes con el caudal de operación.

La rehabilitación de la PTAP existente implica la evaluación y adecuación de las unidades de tratamiento disponibles, así como la reposición, ajuste o incorporación de equipos electromecánicos necesarios para garantizar el tratamiento del agua subterránea conforme a la normatividad vigente. Este proceso puede incluir intervenciones en obra civil, adecuaciones hidráulicas internas, actualización de sistemas de dosificación y desinfección, y ajustes operativos para atender el nuevo caudal.

Así mismo, se plantea la rehabilitación de la PTAP actualmente deshabilitada y de sus tanques de almacenamiento asociados. Dado que dichas estructuras presentan deficiencias estructurales y no se encuentran en operación, la alternativa contempla su adecuación y verificación técnica como condición necesaria para garantizar la regulación del sistema y dar respuesta a las limitaciones de almacenamiento identificadas en el diagnóstico.

Una vez tratada, el agua es incorporada al sistema de almacenamiento existente y posteriormente distribuida a través de la red urbana. La integración del nuevo caudal se plantea de manera que complemente las fuentes actuales, aunque su capacidad efectiva estará condicionada por las limitaciones físicas, hidráulicas y operativas de la planta rehabilitada.

5.2.2 Análisis de confiabilidad operativa

La confiabilidad operativa de la Alternativa 2 está directamente condicionada por el estado físico, hidráulico y funcional de la planta de tratamiento existente que se propone rehabilitar. Si bien la adecuación de esta infraestructura permitiría incorporar el caudal producido por el nuevo pozo profundo, su desempeño operativo depende de la capacidad real que pueda alcanzar la planta una vez intervenida y de su compatibilidad con los caudales requeridos por el sistema urbano.

Uno de los principales factores que inciden en la confiabilidad de esta alternativa es la limitación de capacidad de la infraestructura existente frente al caudal que se requiere incorporar. La adaptación de una planta originalmente diseñada para caudales menores puede generar restricciones en tiempos de retención hidráulica, cargas superficiales y funcionamiento de las unidades de tratamiento, lo cual introduce incertidumbre en la

estabilidad del proceso y en el cumplimiento continuo de los parámetros de calidad del agua.

Adicionalmente, la ejecución de obras de rehabilitación sobre una planta deshabilitada implica la coexistencia de equipos nuevos con componentes antiguos, lo que complejiza la operación y el mantenimiento del sistema. Esta condición puede incrementar la probabilidad de fallas operativas, al depender del desempeño de elementos cuya vida útil y estado real no siempre son completamente predecibles en la etapa de preinversión.

Desde la perspectiva de continuidad del servicio, la intervención de una planta existente puede generar afectaciones temporales durante la fase de ejecución y puesta en marcha, con riesgo de interrupciones parciales en la operación del sistema. Aunque estos impactos pueden ser gestionados, representan un factor de riesgo adicional frente a esquemas que permiten construir y poner en operación infraestructura nueva sin interferir directamente con el funcionamiento actual del acueducto.

En términos operativos, la confiabilidad de esta alternativa se ve influenciada por la necesidad de realizar ajustes progresivos durante la etapa de adecuación y operación inicial, hasta alcanzar condiciones estables de funcionamiento. Esta situación puede traducirse en una mayor dependencia de la experiencia del personal operativo y en una curva de aprendizaje más prolongada para lograr un desempeño consistente del sistema.

5.2.3 Análisis de riesgos y vulnerabilidad

La Alternativa 2 presenta riesgos asociados principalmente a la intervención de una infraestructura existente cuyo estado real, a nivel estructural, hidráulico y electromecánico, solo puede confirmarse plenamente durante la fase de ejecución. Esta condición introduce un nivel de incertidumbre mayor frente a esquemas que contemplan infraestructura nueva, particularmente en lo relacionado con la magnitud de las adecuaciones requeridas y su impacto en costos, plazos y desempeño operativo.

Desde el punto de vista técnico, uno de los riesgos relevantes corresponde a la posibilidad de que las unidades de tratamiento existentes no logren adaptarse de manera eficiente al caudal requerido, aun después de su rehabilitación. La eventual imposibilidad de cumplir con los tiempos de retención hidráulica y con las condiciones de operación óptimas de los procesos puede afectar la estabilidad del tratamiento y generar vulnerabilidades en el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua.

En términos de vulnerabilidad operativa, la alternativa depende en mayor medida de la continuidad y confiabilidad de componentes antiguos, tales como estructuras hidráulicas, válvulas, tuberías internas y elementos de obra civil que no necesariamente forman parte directa del alcance de la rehabilitación. La presencia de estos componentes puede incrementar la probabilidad de fallas no previstas y de interrupciones del servicio durante la operación.

Adicionalmente, durante la fase de adecuación y puesta en marcha, existe el riesgo de afectaciones temporales al sistema de abastecimiento, derivadas de la necesidad de intervenir instalaciones existentes. Aunque estas afectaciones pueden ser gestionadas mediante planes de contingencia, representan un factor de vulnerabilidad frente a alternativas que permiten aislar completamente la fase constructiva de la operación del sistema.

Desde el punto de vista externo, la vulnerabilidad de esta alternativa frente a eventos de falla se ve incrementada por la menor flexibilidad para introducir modificaciones estructurales profundas, dado que estas pueden verse limitadas por las condiciones físicas y espaciales de la infraestructura existente.

5.2.4 Análisis ambiental (cualitativo)

Desde el punto de vista ambiental, la Alternativa 2 presenta impactos asociados principalmente a las actividades de rehabilitación y adecuación de la infraestructura existente. Estas intervenciones pueden generar afectaciones temporales relacionadas con obras civiles, manejo de residuos de demolición, adecuaciones hidráulicas internas y montaje o reemplazo de equipos electromecánicos.

Si bien la reutilización de infraestructura existente puede interpretarse como una ventaja al reducir la necesidad de ocupar nuevas áreas, este beneficio se ve parcialmente condicionado por la complejidad de las intervenciones requeridas y por la posible necesidad de realizar ajustes estructurales no previstos inicialmente. La generación de residuos provenientes de la demolición parcial de estructuras, retiro de equipos obsoletos y limpieza de unidades existentes debe ser gestionada de manera adecuada para evitar impactos negativos al entorno.

Durante la fase de operación, el desempeño ambiental de la alternativa depende en gran medida de la eficiencia real del tratamiento alcanzado tras la rehabilitación. Eventuales limitaciones en los procesos de tratamiento o en los tiempos de retención hidráulica

pueden incrementar el riesgo de ineficiencias operativas, con posibles implicaciones en la generación de lodos y en el uso de insumos químicos.

En términos generales, aunque los impactos ambientales asociados a la Alternativa 2 son manejables mediante la aplicación de medidas de manejo ambiental, la dependencia de una infraestructura existente introduce mayores incertidumbres en comparación con esquemas que permiten diseñar y controlar de manera integral los procesos y las condiciones de operación desde su concepción.

5.2.5 Análisis social (Cualitativo)

Desde el enfoque social, la Alternativa 2 presenta implicaciones asociadas principalmente a la intervención de infraestructura existente dentro del sistema de acueducto urbano. Durante la fase de rehabilitación y adecuación de la PTAP, pueden generarse afectaciones temporales a la prestación del servicio, lo cual constituye un aspecto sensible para la población usuaria, especialmente en contextos donde la continuidad del suministro ya presenta limitaciones.

La ejecución de obras sobre una planta existente puede requerir ajustes operativos transitorios, que incrementan el riesgo de interrupciones parciales del servicio o de variaciones en la calidad del agua suministrada durante la fase de transición. Estas situaciones pueden afectar la percepción de la comunidad frente al proyecto y generar inconformidades si no se gestionan adecuadamente mediante planes de información y contingencia.

En la fase de operación, los beneficios sociales de esta alternativa dependen de la estabilidad real que logre alcanzarse tras la rehabilitación de la planta. La persistencia de limitaciones operativas o la ocurrencia de fallas recurrentes asociadas a componentes antiguos puede afectar la confianza de los usuarios en el sistema y en la capacidad institucional para garantizar un servicio continuo y de calidad.

Si bien la alternativa no implica ocupación de nuevos predios ni desplazamiento de población, la mayor probabilidad de afectaciones durante la ejecución y operación inicial introduce un componente de riesgo social que debe ser considerado dentro del proceso de selección, en comparación con esquemas que permiten implementar mejoras sin interferir directamente con la operación del sistema existente.

5.2.6 Análisis técnico-económico preliminar

Desde el punto de vista técnico-económico, la Alternativa 2 presenta una inversión inicial asociada principalmente a la rehabilitación y adecuación de la planta de tratamiento existente, así como a la ejecución del sistema de aducción y la instalación de los equipos necesarios para la operación del nuevo pozo profundo. En términos generales, esta alternativa puede representar un menor costo inicial frente a la construcción de una nueva PTAP, en la medida en que se aproveche parte de la infraestructura existente.

No obstante, la estimación de costos en esta alternativa presenta un mayor nivel de incertidumbre, debido a que la magnitud real de las intervenciones requeridas sobre la planta deshabilitada solo puede definirse con precisión durante la fase de ejecución. La identificación de daños estructurales, la necesidad de reforzamientos, la reposición de equipos obsoletos o la adecuación de unidades hidráulicas puede generar incrementos significativos en los costos inicialmente previstos.

En términos de operación y mantenimiento, la coexistencia de equipos nuevos con componentes antiguos puede traducirse en mayores costos operativos, asociados a una mayor frecuencia de mantenimientos correctivos, dificultades para la estandarización de repuestos y una operación más exigente en términos de control y supervisión. Estas condiciones pueden afectar la predictibilidad de los costos de operación a lo largo del tiempo.

Adicionalmente, la eventual limitación de capacidad de la planta rehabilitada frente a los requerimientos de caudal del sistema puede restringir el aprovechamiento total del pozo profundo, reduciendo la eficiencia de la inversión realizada y afectando la relación costo–beneficio de la alternativa en el mediano y largo plazo.

5.2.7 Consideraciones de operación y mantenimiento

La operación del sistema propuesto en la Alternativa 2 se encuentra condicionada por la adaptación de una infraestructura de tratamiento existente, lo cual implica enfrentar limitaciones propias de una planta que no fue concebida originalmente para las condiciones actuales de caudal y operación del sistema urbano.

La coexistencia de unidades rehabilitadas con componentes antiguos puede dificultar la estandarización de los procesos operativos y de mantenimiento, incrementando la dependencia de mantenimientos correctivos y de la experiencia específica del personal

operativo. Esta situación puede afectar la eficiencia de la operación y aumentar el riesgo de fallas recurrentes en el mediano plazo.

Desde el punto de vista del mantenimiento, la accesibilidad a equipos, la disposición de las unidades de tratamiento y las condiciones de seguridad pueden presentar restricciones derivadas del diseño original de la planta, lo que limita la implementación de esquemas óptimos de mantenimiento preventivo. Asimismo, la disponibilidad de repuestos compatibles para equipos antiguos puede representar un desafío adicional para la gestión del sistema.

La programación de labores de mantenimiento sobre una planta integrada al sistema existente puede generar afectaciones operativas temporales, especialmente si no se dispone de esquemas de respaldo suficientes. Estas condiciones reducen la flexibilidad operativa del sistema y deben ser consideradas dentro del proceso de selección de la alternativa.

Tabla 5-1.Comparación técnica preliminar de alternativas

Aspecto técnico	Alternativa 1 – Nuevo pozo + PTAP nueva	Alternativa 2 – Nuevo pozo + PTAP rehabilitada
Capacidad de tratamiento	Diseñable acorde al caudal requerido del nuevo pozo y a las proyecciones del sistema	Condicionada a la capacidad y configuración original de la planta existente
Compatibilidad con el caudal requerido	Alta; el diseño se ajusta desde el inicio a las necesidades del sistema	Media; requiere adecuaciones y puede presentar restricciones hidráulicas
Cumplimiento de tiempos de retención hidráulica	Garantizable mediante diseño específico de unidades de tratamiento	Riesgo de incumplimiento por limitaciones de volumen y configuración
Estabilidad de los procesos de tratamiento	Alta, al incorporar procesos dimensionados para la calidad del agua subterránea	Media; depende del alcance real de la rehabilitación
Integración hidráulica al sistema existente	Clara y directa, con definición de puntos de entrega y operación modular	Condicionada por la infraestructura existente y su estado

Flexibilidad para ampliaciones futuras	Alta; permite escalabilidad y ajustes de diseño	Baja a media; limitada por las condiciones físicas de la planta existente
Confiabilidad operativa	Alta; infraestructura nueva con posibilidad de redundancias	Media a baja; coexistencia de equipos nuevos y antiguos
Riesgo técnico	Bajo; asociado principalmente a la construcción de infraestructura nueva	Medio a alto; asociado a incertidumbre en estado y desempeño de la planta rehabilitada

La Tabla 5-1 presenta una comparación técnica preliminar entre las alternativas evaluadas, considerando aspectos clave relacionados con la capacidad de tratamiento, compatibilidad hidráulica, confiabilidad operativa y riesgos técnicos. Esta comparación se desarrolla con un nivel de detalle acorde con la etapa de preinversión y sirve como insumo directo para la construcción de la matriz multicriterio.

6. ANÁLISIS COMPARATIVO Y MATRIZ MULTICRITERIO

6.1. ENFOQUE DEL ANÁLISIS COMPARATIVO

El análisis comparativo de alternativas se desarrolla con el objetivo de identificar la opción que ofrece mayor conveniencia técnica, operativa y de sostenibilidad para la integración del nuevo pozo profundo al sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú.

Dado que ambas alternativas evaluadas parten del mismo supuesto de captación subterránea, el análisis se centra en comparar **la forma en que cada alternativa permite materializar el caudal producido en una solución funcional de abastecimiento**, considerando su conducción, tratamiento, incorporación al sistema existente y operación en el mediano y largo plazo.

El enfoque adoptado reconoce que la selección de una alternativa no puede basarse exclusivamente en criterios de inversión inicial, sino que debe considerar de manera integral aspectos técnicos, ambientales, sociales, económicos y operativos, así como los riesgos asociados a la implementación y a la operación futura del sistema. En este sentido, el análisis busca priorizar alternativas que garanticen confiabilidad, estabilidad operativa y

capacidad de respuesta frente a escenarios de variabilidad climática, crecimiento de la demanda y envejecimiento de la infraestructura.

Para asegurar objetividad y trazabilidad en la toma de decisiones, se utiliza una **matriz multicriterio**, en la cual se definen criterios de evaluación claramente diferenciados, ponderaciones explícitas y puntajes sustentados en los análisis desarrollados para cada alternativa. Esta herramienta permite comparar de manera estructurada el desempeño relativo de las alternativas y sustentar la recomendación final con base en argumentos técnicos verificables.

El análisis comparativo se orienta, por tanto, a seleccionar la alternativa que ofrezca mejores condiciones para el desarrollo de un proyecto funcional de acueducto, compatible con la infraestructura existente, con menor nivel de incertidumbre técnica y operativa, y con mayor capacidad de asegurar la continuidad y calidad del servicio de agua potable para el municipio.

Es importante precisar que el análisis comparativo no plantea la coexistencia simultánea de todos los sistemas de almacenamiento, sino la selección de un esquema coherente asociado a cada alternativa, en el cual el almacenamiento cumple un rol funcional específico dentro del sistema optimizado.

6.2. DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para la comparación objetiva de las alternativas evaluadas, se definieron criterios de evaluación que permiten valorar de manera integral el desempeño de cada opción en relación con la funcionalidad del sistema de acueducto, su sostenibilidad en el tiempo y los riesgos asociados a su implementación y operación.

Los criterios seleccionados responden a los lineamientos del sector de agua potable y saneamiento básico, así como a las condiciones específicas del proyecto, y se estructuran de forma que cada uno capture aspectos clave del comportamiento técnico, ambiental, social, económico y operativo de las alternativas. La definición de estos criterios se fundamenta en los análisis desarrollados en los capítulos anteriores y en la necesidad de asegurar que la alternativa seleccionada conduzca a un proyecto funcional y confiable.

Los criterios definidos para la matriz multicriterio son los siguientes:

- **Criterio técnico:** Evalúa la capacidad de cada alternativa para integrar el caudal del nuevo pozo profundo al sistema urbano de acueducto de manera funcional y

sostenible. Este criterio considera aspectos como la compatibilidad hidráulica, la capacidad de tratamiento frente al caudal requerido, el cumplimiento de condiciones técnicas mínimas (incluyendo tiempos de retención hidráulica y estabilidad de los procesos), y la facilidad para articular la alternativa con la infraestructura existente de almacenamiento y red.

- **Criterio operativo:** Analiza la confiabilidad y flexibilidad operativa de cada alternativa, considerando la continuidad del servicio, la facilidad de operación y mantenimiento, la posibilidad de incorporar redundancias, y la capacidad del sistema para responder a escenarios de falla, mantenimiento programado o variaciones en las condiciones de operación. Este criterio incorpora también la complejidad asociada a la coexistencia de equipos nuevos y antiguos, cuando aplique.
- **Criterio económico y financiero:** Considera la inversión inicial requerida para la implementación de cada alternativa, así como la incertidumbre asociada a los costos de ejecución y los requerimientos de operación y mantenimiento en el tiempo. Este criterio no se limita a la comparación de costos iniciales, sino que incorpora el riesgo de sobrecostos, la eficiencia en el aprovechamiento de la inversión y la previsibilidad de los costos a lo largo de la vida útil del sistema.
- **Criterio ambiental:** Evalúa las implicaciones ambientales asociadas a la construcción y operación de cada alternativa, considerando la magnitud de las intervenciones requeridas, la generación de impactos temporales y permanentes, la eficiencia en el uso de recursos y la estabilidad del sistema frente a variaciones en la calidad del agua de la fuente. Este criterio se aborda desde una perspectiva cualitativa, acorde con la etapa de preinversión.
- **Criterio social:** Analiza los efectos de cada alternativa sobre la población usuaria y el entorno social, considerando aspectos como la continuidad del servicio durante la ejecución, la percepción de la comunidad frente al proyecto, los beneficios asociados a la mejora en la calidad y estabilidad del suministro y los riesgos de afectaciones sociales derivadas de interrupciones o fallas en la operación.

Cada uno de estos criterios se evalúa de manera independiente para las alternativas consideradas, permitiendo identificar fortalezas y limitaciones relativas. La combinación de los criterios definidos garantiza que la selección final no dependa de un único factor, sino

de una valoración equilibrada de los elementos que determinan la viabilidad integral del proyecto.

6.3. ASIGNACIÓN DE PONDERACIONES

La asignación de ponderaciones a los criterios de evaluación se realizó con el propósito de reflejar su importancia relativa dentro del proceso de selección de la alternativa más conveniente para el proyecto de optimización del acueducto urbano del municipio de Tibú.

Las ponderaciones definidas priorizan aquellos criterios que inciden de manera directa en la funcionalidad del sistema, la continuidad del servicio y la sostenibilidad del proyecto en el mediano y largo plazo, reconociendo que el objetivo principal del proyecto es garantizar un abastecimiento confiable y seguro de agua potable para la población urbana.

En este sentido, los criterios técnico y operativo reciben una mayor ponderación, dado que están directamente asociados a la capacidad de la alternativa para integrar efectivamente el caudal del nuevo pozo al sistema existente, asegurar el cumplimiento de las condiciones de tratamiento y mantener la continuidad del servicio bajo diferentes escenarios de operación. Estos criterios permiten evaluar si la alternativa conduce a un sistema funcional y robusto, más allá de consideraciones puntuales de costo o facilidad constructiva.

El criterio económico y financiero se pondera de manera significativa, considerando la necesidad de optimizar el uso de los recursos públicos y de reducir la incertidumbre asociada a la ejecución y operación del proyecto. No obstante, este criterio no se establece como dominante, reconociendo que una menor inversión inicial no necesariamente garantiza una mejor alternativa si esta implica mayores riesgos operativos o sobrecostos en el tiempo.

Los criterios ambiental y social se ponderan de forma equilibrada, en coherencia con la etapa de preinversión del proyecto y con la magnitud de las intervenciones previstas. Estos criterios permiten incorporar consideraciones de sostenibilidad ambiental y aceptación social, sin perder de vista que las alternativas evaluadas corresponden a infraestructura de servicios públicos esenciales.

Con base en lo anterior, se adoptan las ponderaciones que se presentan a continuación, las cuales reflejan un balance entre funcionalidad técnica, confiabilidad operativa, viabilidad económica y sostenibilidad ambiental y social:

- **Criterio técnico:** 30 %

- **Criterio operativo:** 25 %
- **Criterio económico y financiero:** 20 %
- **Criterio ambiental:** 15 %
- **Criterio social:** 10 %

Estas ponderaciones se consideran coherentes con los objetivos del proyecto y con la necesidad de priorizar alternativas que aseguren la prestación continua y confiable del servicio de acueducto, sirviendo como base para la asignación de puntajes y el análisis comparativo que se desarrolla en las secciones siguientes.

6.4. ASIGNACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE PUNTAJES

La asignación de puntajes a cada alternativa se realizó con base en el desempeño relativo frente a los criterios definidos y ponderados en las secciones anteriores. Para este efecto, se adoptó una escala cualitativa–cuantitativa de valoración, en la cual cada alternativa es evaluada de manera comparativa, considerando sus fortalezas, limitaciones y riesgos, sustentados en los análisis técnicos desarrollados.

La calificación no se basa en supuestos teóricos, sino en la capacidad demostrada de cada alternativa para cumplir con los objetivos del proyecto, garantizar la funcionalidad del sistema de acueducto y reducir la incertidumbre técnica, operativa y financiera en el mediano y largo plazo.

Se consideró la capacidad de cada alternativa para resolver las deficiencias del almacenamiento identificadas en el diagnóstico, ya sea mediante la incorporación de tanques nuevos o la rehabilitación de infraestructuras existentes.

6.4.1 Criterio técnico

La Alternativa 1 obtiene una calificación superior en el criterio técnico, dado que permite diseñar una infraestructura de tratamiento acorde con el caudal requerido, las condiciones hidráulicas del sistema y los parámetros de calidad del agua, asegurando el cumplimiento de los tiempos de retención hidráulica y la estabilidad de los procesos de tratamiento. La posibilidad de dimensionar integralmente la PTAP, sin restricciones físicas preexistentes, reduce riesgos de subdimensionamiento y facilita la integración efectiva del caudal del nuevo pozo al sistema urbano.

La Alternativa 2 presenta una calificación inferior en este criterio, debido a las limitaciones inherentes a la rehabilitación de una planta existente, cuya capacidad y configuración original no fueron concebidas para los caudales requeridos. La necesidad de adaptar unidades de tratamiento existentes introduce incertidumbre en el cumplimiento de condiciones técnicas críticas y restringe la flexibilidad del diseño.

6.4.2 Criterio operativo

En términos operativos, la Alternativa 1 presenta un desempeño favorable al permitir una operación más clara, modular y predecible. La incorporación de una PTAP nueva facilita la estandarización de equipos, la incorporación de redundancias y la programación de mantenimientos sin afectar la operación del sistema existente, lo que se traduce en una mayor confiabilidad y continuidad del servicio.

Por su parte, la Alternativa 2 obtiene una menor calificación en este criterio, debido a la complejidad asociada a la coexistencia de equipos nuevos y antiguos, las restricciones de accesibilidad y la mayor probabilidad de interrupciones durante la ejecución de obras y la operación inicial. Estas condiciones incrementan la dependencia del mantenimiento correctivo y reducen la flexibilidad operativa del sistema.

6.4.3 Criterio económico y financiero

Desde el punto de vista económico, la Alternativa 2 presenta una ventaja relativa en términos de inversión inicial, lo cual se refleja en una mejor calificación parcial en este aspecto. Sin embargo, esta ventaja se ve compensada por un mayor nivel de incertidumbre asociado a los costos reales de rehabilitación, el riesgo de sobrecostos durante la ejecución y los mayores requerimientos de operación y mantenimiento en el tiempo.

La Alternativa 1, aunque implica una mayor inversión inicial, obtiene una calificación competitiva al ofrecer una mayor previsibilidad de costos, menor riesgo de ajustes no previstos durante la ejecución y una mejor relación costo–beneficio en el largo plazo, asociada a una mayor vida útil y menores costos operativos.

6.4.4 Criterio ambiental

En el criterio ambiental, ambas alternativas presentan impactos manejables y propios de proyectos de infraestructura de acueducto. No obstante, la Alternativa 1 obtiene una ligera ventaja al permitir un diseño optimizado de los procesos de tratamiento, con mayor control

sobre la generación de lodos, el uso de insumos químicos y la estabilidad del sistema frente a variaciones en la calidad del agua.

La Alternativa 2, si bien reutiliza infraestructura existente, presenta mayores incertidumbres ambientales asociadas a la eficiencia real del tratamiento alcanzado tras la rehabilitación y a la gestión de residuos derivados de la adecuación de estructuras y equipos obsoletos.

6.4.5 Criterio social

En el componente social, la Alternativa 1 presenta una mejor calificación al minimizar el riesgo de afectaciones al servicio durante la fase de ejecución, dado que la construcción de nueva infraestructura puede desarrollarse sin interferir directamente con la operación del sistema existente. Esto reduce la probabilidad de interrupciones y mejora la percepción de confiabilidad del servicio por parte de la comunidad.

La Alternativa 2 obtiene una calificación inferior en este criterio, debido a la mayor probabilidad de afectaciones temporales durante la rehabilitación de la planta existente y a la incertidumbre asociada a la estabilidad del servicio durante la fase de transición y puesta en marcha.

6.5. RESULTADOS DE LA MATRIZ MULTICRITERIO

Para la consolidación de los resultados del análisis comparativo se construyó una matriz multicriterio que integra los criterios definidos, sus respectivas ponderaciones y los puntajes asignados a cada alternativa. La evaluación se realizó utilizando una escala de calificación de **1 a 5**, donde **1** representa un desempeño muy bajo frente al criterio evaluado y **5** un desempeño muy alto.

Los puntajes asignados reflejan el desempeño relativo de cada alternativa frente a los criterios técnico, operativo, económico-financiero, ambiental y social, de acuerdo con los análisis desarrollados en los capítulos anteriores. El puntaje ponderado se obtiene multiplicando el puntaje asignado por la ponderación correspondiente a cada criterio.

Tabla 6-1. Matriz multicriterio de evaluación de alternativas

Criterio	Ponderación	Puntaje Alternativa 1 (PTAP nueva)	Puntaje ponderado Alt 1	Puntaje Alternativa 2 (PTAP rehabilitada)	Puntaje ponderado Alt 2
Técnico	0,30	5	1,50	3	0,90
Operativo	0,25	5	1,25	2	0,50

Económico / financiero	0,20	4	0,80	3	0,60
Ambiental	0,15	4	0,60	3	0,45
Social	0,10	4	0,40	3	0,30
TOTAL	**1,00**		**4,55**		**2,75**

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025

Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa entre las alternativas evaluadas. La **Alternativa 1** alcanza un puntaje total ponderado de **4,55**, mientras que la **Alternativa 2** obtiene un puntaje total de **2,75**, evidenciando un mejor desempeño global de la Alternativa 1 frente a los criterios establecidos.

La mayor diferencia entre alternativas se presenta en los criterios **técnico** y **operativo**, los cuales cuentan con las ponderaciones más altas dentro de la matriz. En estos criterios, la Alternativa 1 obtiene la máxima calificación debido a su capacidad para integrar el caudal del nuevo pozo profundo mediante una infraestructura de tratamiento diseñada específicamente para los requerimientos del sistema, reduciendo restricciones hidráulicas, limitaciones de capacidad y riesgos operativos.

En el criterio **económico y financiero**, la Alternativa 2 presenta una calificación intermedia asociada a una menor inversión inicial; sin embargo, este resultado se ve afectado por la mayor incertidumbre en los costos de rehabilitación y por los riesgos de sobrecostos y mayores requerimientos de operación y mantenimiento en el tiempo. La Alternativa 1, aunque implica una mayor inversión inicial, obtiene una calificación superior al ofrecer mayor previsibilidad de costos y una mejor relación costo–beneficio en el largo plazo.

En los criterios **ambiental** y **social**, ambas alternativas presentan desempeños aceptables; no obstante, la Alternativa 1 obtiene una mejor calificación relativa al minimizar riesgos de afectaciones al servicio durante la ejecución y permitir un mayor control sobre los procesos de tratamiento y su desempeño ambiental.

En conjunto, los resultados de la matriz multicriterio indican de manera consistente que la **Alternativa 1 presenta un desempeño integral superior**, con menores niveles de incertidumbre técnica y operativa, mayor confiabilidad del sistema y mejores condiciones para garantizar la continuidad y calidad del servicio de acueducto urbano en el municipio de Tibú.

7. ALTERNATIVA RECOMENDADA

Con base en los análisis técnicos, operativos, ambientales, sociales y económicos desarrollados, así como en los resultados obtenidos en la matriz multicriterio, se recomienda la **Alternativa 1: Nuevo pozo profundo + construcción de nueva planta de tratamiento de agua potable (PTAP)** como la opción más conveniente para la optimización del acueducto urbano del municipio de Tibú.

La alternativa recomendada presenta el mejor desempeño integral frente a los criterios evaluados, destacándose particularmente en los componentes técnico y operativo, los cuales tienen mayor incidencia en la funcionalidad y sostenibilidad del sistema de abastecimiento. La posibilidad de diseñar una infraestructura de tratamiento acorde con el caudal requerido y con las características del agua subterránea permite garantizar condiciones adecuadas de tratamiento, estabilidad de los procesos y cumplimiento de los parámetros de calidad del agua potable.

Desde el punto de vista operativo, la construcción de una nueva PTAP asociada al nuevo pozo profundo ofrece mayores niveles de confiabilidad y flexibilidad, al permitir una operación modular, la incorporación de redundancias en equipos críticos y la programación de mantenimientos sin interferir con la operación de las infraestructuras existentes. Estas condiciones reducen el riesgo de interrupciones del servicio y mejoran la capacidad de respuesta del sistema ante escenarios de falla o variaciones en las condiciones de operación.

En el componente económico y financiero, si bien la alternativa implica una mayor inversión inicial, esta se ve compensada por una mayor previsibilidad de costos, menores riesgos de sobrecostos durante la ejecución y una mejor relación costo–beneficio en el mediano y largo plazo, asociada a una mayor vida útil de la infraestructura y a menores requerimientos de operación y mantenimiento.

Adicionalmente, la alternativa recomendada presenta ventajas desde el punto de vista ambiental y social, al permitir un mayor control de los procesos de tratamiento, minimizar riesgos de afectaciones al servicio durante la fase de ejecución y contribuir a una prestación más estable y confiable del servicio de agua potable para la población urbana.

En consecuencia, la **Alternativa 1** constituye la opción que mejor responde a los objetivos del proyecto y que ofrece mayores garantías para el desarrollo de un proyecto funcional de acueducto, orientado a asegurar la continuidad, calidad y sostenibilidad del servicio de abastecimiento de agua potable en el municipio de Tibú.

8. CONCLUSIONES

- El análisis desarrollado en el presente Documento de Selección de Alternativas permitió evaluar de manera integral las opciones técnicas para la incorporación de un nuevo pozo profundo al sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú, considerando no solo la captación de agua subterránea, sino la configuración completa y funcional del sistema de abastecimiento.
- Las alternativas evaluadas fueron analizadas bajo criterios técnicos, operativos, ambientales, sociales y económicos, lo que permitió identificar sus fortalezas, limitaciones y riesgos asociados. Este enfoque integral aseguró que la selección de la alternativa no se basara exclusivamente en la inversión inicial, sino en la capacidad real de cada opción para garantizar la continuidad, confiabilidad y sostenibilidad del servicio de agua potable en el mediano y largo plazo.
- El uso de una matriz multicriterio con criterios y ponderaciones claramente definidos permitió estructurar un proceso de comparación objetivo y trazable, reduciendo la subjetividad en la toma de decisiones y alineando el análisis con los lineamientos del sector de agua potable y saneamiento básico. Los resultados obtenidos evidencian diferencias significativas entre las alternativas evaluadas, particularmente en los componentes técnico y operativo, los cuales resultan determinantes para la funcionalidad del sistema.
- La alternativa que contempla la construcción de una nueva planta de tratamiento de agua potable asociada al nuevo pozo profundo se identifica como la opción que ofrece mayores garantías en términos de capacidad de tratamiento, estabilidad de los procesos, flexibilidad operativa y previsibilidad de costos. Estas condiciones permiten una integración más eficiente del nuevo caudal al sistema urbano y reducen los riesgos asociados a limitaciones de infraestructura existente.
- Por su parte, la alternativa basada en la rehabilitación de una planta de tratamiento deshabilitada presenta mayores niveles de incertidumbre técnica y operativa, asociados principalmente a restricciones de capacidad, coexistencia de equipos antiguos y nuevos, y mayor riesgo de afectaciones durante la fase de ejecución y operación inicial. Si bien esta alternativa puede representar una menor inversión inicial, dichos beneficios se ven contrarrestados por los riesgos identificados en el análisis.
- En conclusión, la alternativa recomendada constituye una solución técnica y operativamente sólida para avanzar hacia la optimización del acueducto urbano del municipio de Tibú, permitiendo estructurar un proyecto funcional que garantice la

entrega efectiva del agua captada al sistema de distribución y contribuya de manera sostenible a la mejora del servicio de abastecimiento de agua potable para la población urbana.

EMPRESAS MUNICIPALES DE TIBU ESP

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 018 de 2025

RESUMEN COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

2026

1. . INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto de optimización del acueducto urbano del municipio de Tibú, se definió como fuente seleccionada la incorporación de un nuevo pozo profundo para el aprovechamiento de agua subterránea. A partir de este supuesto, se formularon dos alternativas técnicas para integrar dicha fuente al sistema existente, con el objetivo de garantizar la funcionalidad, confiabilidad y sostenibilidad del servicio de agua potable.

El presente documento tiene como finalidad realizar una comparación técnica entre las dos alternativas planteadas, identificando sus principales ventajas y desventajas, como insumo para la toma de decisiones en la etapa de preinversión.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ALTERNATIVAS

- **Alternativa 1: Nuevo pozo profundo + construcción de nueva PTAP**

Esta alternativa contempla la construcción de una nueva planta de tratamiento de agua potable diseñada específicamente para el caudal y la calidad del agua del nuevo pozo profundo, así como su integración al sistema existente mediante obras de aducción, almacenamiento y conexión a la red de distribución.

- **Alternativa 2: Nuevo pozo profundo + rehabilitación/adecuación de la PTAP deshabilitada**

Esta alternativa plantea la incorporación del nuevo pozo profundo mediante la rehabilitación y adecuación de la PTAP actualmente deshabilitada, realizando las intervenciones necesarias para permitir el tratamiento del agua subterránea y su conexión al sistema de almacenamiento y distribución existente.

3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS

3.1. Alternativa 1 – Nueva PTAP

3.1.1 Ventajas

- Permite un diseño específico y optimizado para las características del agua subterránea, sin restricciones impuestas por infraestructura existente.

- Facilita la adopción de un tren de tratamiento coherente, compacto y alineado con criterios actuales de diseño y operación.
- Ofrece mayor confiabilidad operativa, al tratarse de infraestructura nueva, con menor riesgo de fallas estructurales o hidráulicas.
- Mejora la flexibilidad operativa y la posibilidad de futuras ampliaciones o ajustes de capacidad.
- Reduce incertidumbres asociadas al estado estructural, hidráulico y electromecánico de una planta existente.
- Facilita la estandarización de equipos y la optimización de costos de operación y mantenimiento en el mediano y largo plazo.

3.1.2 Desventajas

- Requiere una mayor inversión inicial en comparación con una alternativa de rehabilitación.
- Implica la ejecución de obras civiles adicionales, incluyendo demoliciones, fundaciones y cerramientos.
- Presenta un mayor tiempo de ejecución asociado a la construcción de infraestructura nueva.

3.2. Alternativa 2 – Rehabilitación de PTAP existente

3.2.1 Ventajas

- Presenta una inversión inicial potencialmente menor al aprovechar infraestructura existente.
- Reduce, en principio, el volumen de obras civiles nuevas.
- Puede implicar menores tiempos de ejecución si la infraestructura existente se encuentra en condiciones adecuadas.

3.2.2 Desventajas

- El diseño del tratamiento queda condicionado por las limitaciones físicas, hidráulicas y estructurales de la PTAP existente.

- Existe incertidumbre asociada al estado real de las estructuras, equipos y sistemas, lo cual puede generar sobrecostos durante la ejecución.
- La adaptación de la planta a las características del agua subterránea puede requerir intervenciones complejas y poco eficientes.
- Menor flexibilidad operativa y limitada posibilidad de ampliación futura.
- Mayor riesgo de fallas operativas y mayores costos de mantenimiento a largo plazo.
- Dependencia de los resultados de pruebas fisicoquímicas y estructurales para confirmar la viabilidad real de la rehabilitación.

4. COMPARACIÓN GLOBAL DE LAS ALTERNATIVAS

Desde un enfoque técnico-funcional, ambas alternativas permiten integrar el nuevo pozo profundo al sistema de acueducto; sin embargo, presentan diferencias significativas en términos de confiabilidad, flexibilidad operativa y sostenibilidad en el tiempo.

Mientras la alternativa de rehabilitación puede resultar atractiva desde una perspectiva de menor inversión inicial, la alternativa de construcción de una nueva PTAP ofrece mayores garantías técnicas, reduce riesgos asociados a infraestructura obsoleta y permite una integración más eficiente del nuevo pozo al sistema global de abastecimiento.

5. CONCLUSIONES

El análisis comparativo evidencia que la selección de la alternativa debe priorizar la funcionalidad integral del proyecto y la confiabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable. En este contexto, la evaluación detallada de ventajas y desventajas constituye un insumo clave para la selección de la alternativa que mejor garantice la prestación del servicio en el mediano y largo plazo.

EMPRESAS MUNICIPALES DE TIBU ESP
CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 018 de 2025

INFORME DE DISEÑO PRELIMINAR DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PROPUESTA DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

TIBÚ, NORTE DE SANTANDER
2026

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al **Diseño Preliminar de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)** para un caudal de 44 L/s, en el marco del proyecto de optimización del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú, Norte de Santander, mediante el aprovechamiento de una nueva fuente subterránea.

Este documento se desarrolla como complemento técnico del proceso de selección de alternativas, en el cual se identificó la construcción de una **nueva** PTAP **asociada al nuevo pozo profundo** como la opción más conveniente para garantizar la funcionalidad, confiabilidad y sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable. En este sentido, el diseño preliminar tiene como propósito demostrar la viabilidad técnica y espacial de dicha alternativa, así como establecer los criterios básicos de diseño que orientarán las etapas posteriores del proyecto.

El diseño presentado se formula a nivel de preinversión, por lo que no constituye un diseño definitivo ni de detalle. Su alcance se centra en la definición del esquema general de tratamiento, el dimensionamiento preliminar de las principales unidades, la disposición en planta de la infraestructura proyectada y la estimación de costos de orden de magnitud, suficientes para sustentar la toma de decisiones técnicas, económicas y administrativas del proyecto.

La PTAP propuesta se concibe como una infraestructura nueva, diseñada específicamente para las condiciones de caudal y calidad del agua subterránea captada, permitiendo un control adecuado de los procesos de tratamiento y una integración eficiente al sistema existente de almacenamiento y distribución. Este enfoque busca reducir incertidumbres asociadas a limitaciones de infraestructura preexistente y mejorar la estabilidad operativa del acueducto urbano.

El documento se apoya en la memoria de cálculo desarrollada para la PTAP de 44 L/s, en los planos de implantación y en los presupuestos preliminares de obras civiles y equipos, los cuales se integran de manera coherente para presentar una solución técnicamente consistente y compatible con el contexto físico y operativo del municipio de Tibú.

2. ALCANCE DEL DISEÑO PRELIMINAR

El diseño preliminar desarrollado en este documento se orienta a establecer los criterios técnicos básicos y la configuración general de una planta de tratamiento de agua potable con capacidad de 44 L/s, requerida para la incorporación de una nueva fuente subterránea al sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú.

El alcance comprende la definición del tren de tratamiento propuesto, el dimensionamiento preliminar de las principales unidades de proceso, la disposición general de la infraestructura dentro del predio disponible y la identificación de los sistemas hidráulicos y electromecánicos necesarios para la operación de la planta. De igual forma, se incluyen consideraciones generales de operación y mantenimiento, así como una estimación preliminar de costos de orden de magnitud.

Como insumos para el desarrollo del diseño se emplearon la memoria de cálculo de la PTAP de 44 L/s, los planos de implantación de la planta y de los tanques de almacenamiento, y los presupuestos preliminares de obras civiles y equipos. Estos elementos permiten verificar la coherencia entre el diseño del proceso, la disposición espacial de las unidades y la viabilidad constructiva de la solución propuesta.

Quedan expresamente excluidos del alcance del presente documento el diseño de detalle de las estructuras y equipos, la elaboración de planos constructivos, los estudios geotécnicos y topográficos de detalle, el diseño eléctrico definitivo y la modelación hidráulica de la red de distribución. Estos componentes deberán desarrollarse en fases posteriores del proyecto, una vez definida la alternativa y asignados los recursos correspondientes.

El diseño preliminar tiene como propósito principal servir de soporte técnico para la toma de decisiones en la etapa de preinversión, asegurando que la solución planteada sea técnicamente viable, funcional y compatible con el sistema de abastecimiento de agua potable del municipio.

3. PARÁMETROS DE DISEÑO

El diseño preliminar de la planta de tratamiento de agua potable se fundamenta en los parámetros hidráulicos, de calidad del agua y de horizonte de diseño definidos para el proyecto de optimización del acueducto urbano del municipio de Tibú. Estos parámetros constituyen la base para el dimensionamiento de las unidades de proceso y para la definición del esquema general de tratamiento.

El **caudal de diseño** adoptado para la PTAP corresponde a 44 L/s, equivalente a 160 m^3/h, valor definido a partir del aporte esperado del nuevo pozo profundo y coherente con el déficit estructural identificado en el sistema de abastecimiento. Este caudal se considera representativo para la etapa de preinversión y suficiente para justificar la infraestructura proyectada.

El horizonte de diseño se establece en concordancia con el horizonte de planeación del sistema de acueducto urbano, considerando las proyecciones de demanda y la necesidad de contar con una solución sostenible en el mediano y largo plazo. El diseño preliminar incorpora criterios de flexibilidad que permiten futuras ampliaciones o ajustes operativos, en función de la evolución de la demanda.

En cuanto a la calidad del agua, el diseño parte del supuesto de una fuente subterránea con características físico-químicas estables, propias de este tipo de captaciones, y con presencia de parámetros como hierro disuelto, los cuales requieren procesos específicos de aireación, oxidación y remoción. Estos supuestos se soportan en la información disponible y en los criterios adoptados en la memoria de cálculo de la PTAP.

Los criterios de diseño consideran el cumplimiento de la normatividad vigente aplicable al sector de agua potable, así como recomendaciones técnicas usuales para plantas de tratamiento de agua subterránea, sin que ello implique el desarrollo de un diseño de detalle en esta etapa.

Tabla 3-1. Parámetros generales de diseño de la nueva PTAP

Parámetro	Valor adoptado	Observaciones
Caudal de diseño	44 L/s (160 m^3/h)	Asociado al nuevo pozo profundo
Tipo de fuente	Subterránea	Menor variabilidad en calidad
Horizonte de diseño	Mediano – largo plazo	Acorde con planeación del sistema
Tipo de PTAP	Convencional para agua subterránea	Aireación, clarificación y filtración

Calidad esperada del agua	Presencia de hierro disuelto	Requiere aireación y oxidación
Nivel de diseño	Preliminar	Etapa de preinversión

Fuente: INGEOMAD SAS, 2025

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO CONSIDERADO

El sistema propuesto corresponde a una planta de tratamiento de agua potable diseñada para tratar un caudal de 44 L/s, equivalente a 160 m^3/h, proveniente de una fuente subterránea captada mediante un nuevo pozo profundo e integrada al sistema urbano de acueducto del municipio de Tibú. La configuración del sistema responde a un enfoque funcional, en el cual cada componente cumple un rol específico dentro del proceso de potabilización y se articula de manera coherente con las demás unidades.

La PTAP se estructura a partir de un tren de tratamiento convencional para agua subterránea, orientado principalmente a la remoción de hierro disuelto y otros compuestos asociados, garantizando la estabilidad del proceso y el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua potable. El sistema contempla las etapas de aireación, oxidación y contacto, clarificación, filtración, desinfección y manejo de lodos, complementadas con los sistemas hidráulicos y electromecánicos necesarios para su operación.

El agua captada por el pozo profundo es conducida hasta la PTAP mediante una línea de aducción a presión, desde donde ingresa a una torre de aireación, en la cual se favorece la transferencia de oxígeno y la liberación de gases disueltos, promoviendo la oxidación inicial del hierro presente en el agua. Posteriormente, el agua pasa a un tanque de contacto con un volumen aproximado de 80 m^3, donde se asegura el tiempo necesario para completar los procesos de oxidación y la acción del agente desinfectante.

A continuación, el agua es conducida hacia un clarificador con un volumen del orden de 150 m^3, donde se realiza la sedimentación de los sólidos formados durante las etapas previas. El efluente clarificado es distribuido hacia el sistema de filtración, compuesto por tres filtros rápidos operados en paralelo, lo que permite mantener la continuidad del tratamiento durante labores de lavado o mantenimiento de alguna de las unidades, sin detener la operación de la planta.

El agua filtrada es sometida a un proceso de desinfección final antes de su incorporación al sistema de almacenamiento y posterior distribución a la red urbana. De manera

complementaria, el sistema incluye unidades para el manejo de lodos generados en la clarificación y filtración, conformadas por un espesador y seis lechos de secado, garantizando una disposición controlada de los residuos del proceso.

La configuración propuesta permite una operación flexible y modular de la PTAP, facilitando la incorporación de redundancias operativas y la ejecución de actividades de mantenimiento sin afectar la continuidad del servicio. Asimismo, el diseño se articula con los tanques de almacenamiento proyectados, conformados por dos módulos de aproximadamente 445 m^3 cada uno, lo cual permite regular la entrega del agua tratada al sistema de distribución y mejorar la confiabilidad operativa del acueducto urbano.

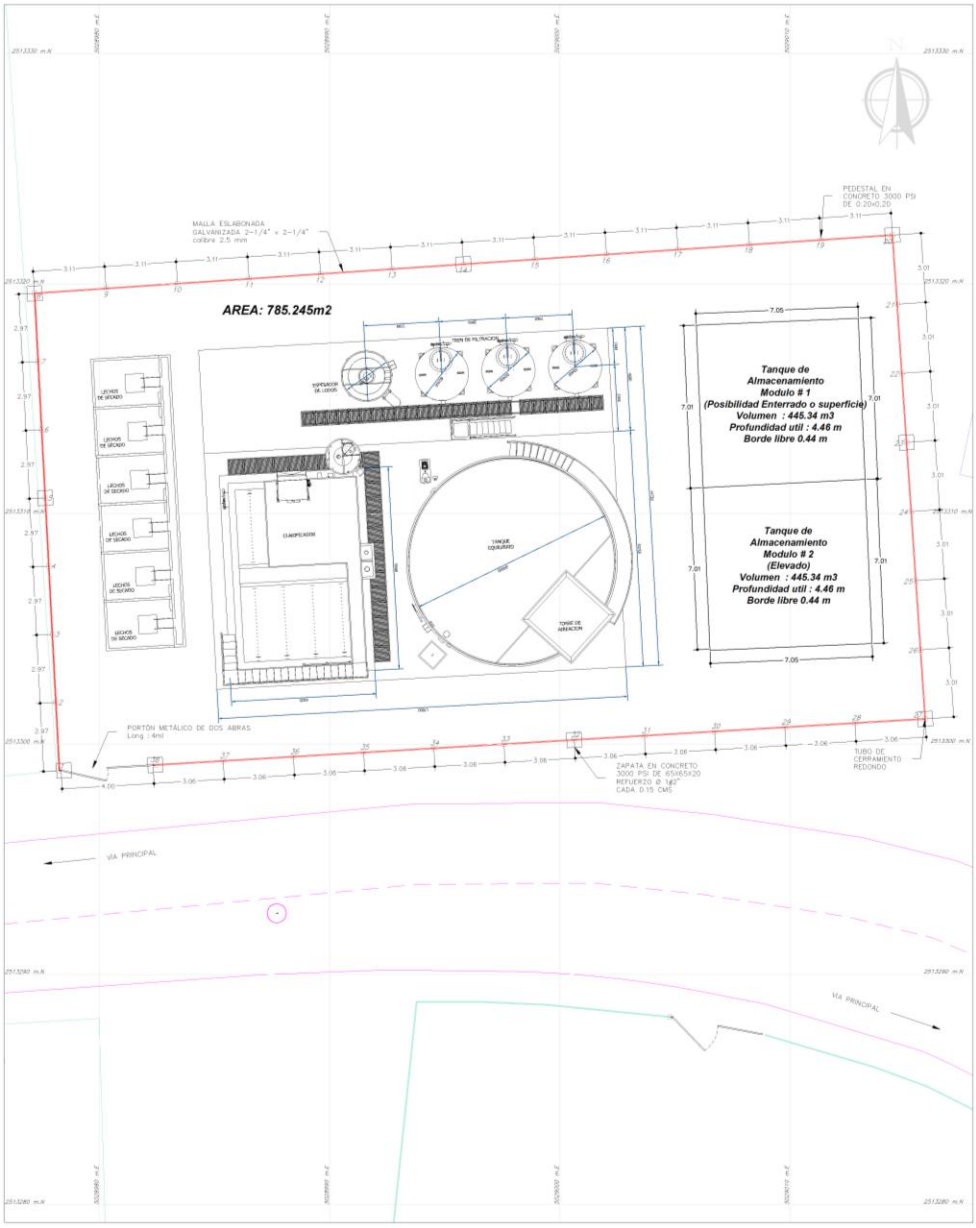


Figura 4-1. Plano de PTAP nueva propuesta
Fuente: INGEOMAD SAS, 2026

La Figura 4-1**Error! Reference source not found.** presenta el esquema funcional de la Alternativa 1, plasmando el sistema de la nueva planta de tratamiento de agua potable y tanques de almacenamiento, diseñados específicamente para el caudal aportado.

5. PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS

El tren de tratamiento propuesto para la planta de tratamiento de agua potable de 44 L/s se define con base en las características esperadas del agua subterránea y en criterios técnicos usuales para este tipo de fuentes, priorizando la estabilidad del proceso, la confiabilidad operativa y la facilidad de operación y mantenimiento.

El esquema contempla una secuencia de procesos diseñada para la remoción de hierro disuelto y otros compuestos asociados, así como para la garantía de condiciones adecuadas de desinfección y calidad del agua potable antes de su incorporación al sistema de almacenamiento y distribución.

5.1. Aireación

La etapa de aireación constituye el primer proceso del tren de tratamiento y tiene como objetivo principal promover la oxidación inicial del hierro disuelto y la liberación de gases presentes en el agua subterránea. Para este fin se dispone una torre de aireación, diseñada para operar con el caudal total de la planta, equivalente a 44 L/s.

El sistema de aireación se basa en un proceso de contacto agua–aire mediante bandejas, permitiendo una adecuada transferencia de oxígeno y favoreciendo la transformación del hierro ferroso en formas susceptibles de remoción posterior. Este proceso contribuye además a la mejora de las condiciones organolépticas del agua.

5.2. Oxidación y contacto

Posterior a la aireación, el agua es conducida a un tanque de contacto con un volumen aproximado de 80 m^3, lo que permite asegurar un tiempo de retención del orden de 30 minutos para el caudal de diseño. En esta unidad se completa el proceso de oxidación del hierro y se garantiza el tiempo necesario para la acción del agente desinfectante aplicado.

La dosificación de desinfectante se define de manera preliminar considerando las características fisicoquímicas del agua subterránea y la demanda asociada a la oxidación del hierro, asegurando condiciones adecuadas para la posterior remoción de sólidos y la desinfección del agua.

5.3. Clarificación

El proceso de clarificación tiene como finalidad la remoción de los sólidos formados durante las etapas de aireación y oxidación. Para ello se dispone un clarificador con un

volumen aproximado de 150 m^3, dimensionado para operar con velocidades de sedimentación compatibles con el caudal de diseño y con las características de los sólidos generados.

En esta unidad se favorece la sedimentación de los flóculos formados, reduciendo la carga de sólidos hacia el sistema de filtración y contribuyendo a la estabilidad del proceso. El diseño preliminar considera condiciones hidráulicas que evitan cortocircuitos y garantizan una adecuada distribución del flujo.

5.4. Filtración

La filtración se realiza mediante un sistema de filtros rápidos operados en paralelo, conformado por tres unidades. Esta configuración permite tratar el caudal total de la planta y, al mismo tiempo, sacar una unidad de servicio para lavado o mantenimiento sin interrumpir la operación.

La tasa de filtración adoptada se encuentra dentro de los rangos usuales para este tipo de sistemas, garantizando una remoción eficiente de partículas remanentes y una adecuada calidad del agua filtrada. El sistema de filtración incluye un esquema de lavado con agua tratada, dimensionado preliminarmente para asegurar la recuperación de las condiciones hidráulicas del lecho filtrante.

5.5. Desinfección

El agua filtrada es sometida a un proceso de desinfección final, con el objetivo de asegurar la eliminación de microorganismos patógenos y el cumplimiento de los requisitos sanitarios para agua potable. El sistema de desinfección se integra al esquema general de la planta y considera tiempos de contacto y dosificación adecuados al caudal tratado.

La desinfección final se concibe como un proceso complementario a la oxidación inicial, reforzando la seguridad sanitaria del agua antes de su almacenamiento y distribución.

5.6. Manejo de lodos

El tren de tratamiento incluye un sistema para el manejo de los lodos generados en las etapas de clarificación y filtración. Estos lodos son conducidos a un espesador, donde se incrementa su concentración, y posteriormente a un sistema de seis lechos de secado, diseñados para permitir la deshidratación y disposición controlada de los residuos.

El esquema propuesto permite un manejo adecuado de los subproductos del tratamiento, minimizando impactos operativos y ambientales y facilitando las labores de mantenimiento de la planta.

6. ANÁLISIS COMPARATIVO Y MATRIZ MULTICRITERIO

El dimensionamiento preliminar de las unidades de la planta de tratamiento de agua potable se desarrolla con base en el caudal de diseño de 44 L/s (160 m^3/h) y en criterios técnicos usuales para plantas de tratamiento de agua subterránea, apoyados en la memoria de cálculo elaborada para el proyecto. Este dimensionamiento tiene como finalidad verificar la viabilidad técnica del tren de tratamiento propuesto y establecer órdenes de magnitud coherentes con la etapa de preinversión.

6.1. Torre de aireación

La torre de aireación se dimensiona para tratar el caudal total de la planta, equivalente a 160 m^3/h. El diseño preliminar contempla una torre con cinco bandejas de 2,40 m por 2,40 m, lo que proporciona un área efectiva de 5,76 m^2 por bandeja.

La carga hidráulica adoptada es del orden de 27,8 $m^3/m^2 \cdot h$, valor compatible con sistemas de aireación por bandejas para la oxidación de hierro. La altura total de la torre se estima entre 2,8 y 3,0 m, considerando el espaciamiento entre bandejas y el volumen de empaque requerido para favorecer el contacto agua–aire.

6.2. Tanque de contacto y oxidación

Posterior a la aireación, el agua ingresa a un tanque de contacto con un volumen aproximado de 80 m^3. Para el caudal de diseño, este volumen permite un tiempo de retención hidráulica del orden de 30 minutos, suficiente para completar el proceso de oxidación del hierro disuelto y garantizar la acción del agente desinfectante aplicado.

El tanque se diseña preliminarmente con deflectores internos, con el fin de mejorar la eficiencia hidráulica y evitar cortocircuitos, asegurando un tiempo efectivo de contacto acorde con los requerimientos del proceso.

6.3. Clarificador

El proceso de clarificación se realiza en un clarificador con un volumen aproximado de 150 m^3 y un área superficial cercana a 35 m^2. Con estas características, la velocidad de ascenso

se sitúa alrededor de 4,5 m/h, valor que se encuentra dentro de los rangos recomendados para la sedimentación de sólidos formados a partir de la oxidación del hierro.

El tiempo de retención hidráulica en el clarificador es del orden de una hora, lo cual permite una remoción eficiente de los sólidos sedimentables y una reducción significativa de la carga hacia el sistema de filtración.

6.4. Sistema de filtración

El sistema de filtración está conformado por tres filtros rápidos operados en paralelo. Cada filtro se dimensiona para tratar aproximadamente 53,3 m^3/h, lo que permite mantener la operación continua de la planta aun cuando una unidad se encuentre fuera de servicio por lavado o mantenimiento.

La tasa de filtración adoptada es del orden de 10,8 m/h, valor compatible con filtros rápidos para agua subterránea. Cada filtro cuenta con un lecho filtrante compuesto por una capa de grava de soporte y una capa de arena, con una altura total aproximada de 1,1 m. El diseño preliminar considera una expansión del lecho cercana al 30 % durante el proceso de lavado.

El sistema de lavado de filtros se dimensiona con una tasa del orden de 40 m/h, garantizando la remoción adecuada de los sólidos acumulados y la recuperación de las condiciones hidráulicas del lecho filtrante.

6.5. Sistemas hidráulicos y de bombeo

El transporte del agua entre las diferentes unidades de la planta se realiza mediante tuberías a presión dimensionadas preliminarmente para mantener velocidades del orden de 1,3 a 1,7 m/s, valores adecuados para minimizar pérdidas de carga y garantizar una operación estable.

Los sistemas de bombeo asociados a la conducción del agua hacia el clarificador y al lavado de filtros se dimensionan con cargas dinámicas totales del orden de 5 a 6 mca, lo que permite la selección preliminar de equipos con potencias instaladas del orden de 7,5 HP, considerando márgenes de seguridad y condiciones de operación.

6.6. Manejo de lodos

Los lodos generados en los procesos de clarificación y filtración son conducidos a un espesador con un volumen útil aproximado de 7 m^3, permitiendo un tiempo de retención del orden de 2 a 3 horas y una concentración adecuada del lodo antes de su disposición final.

Posteriormente, los lodos espesados son descargados a un sistema de seis lechos de secado, con un área total aproximada de 38 m^2. Esta área permite manejar una producción estimada de sólidos cercana a 200 kg/día, con alturas de aplicación compatibles con los rangos recomendados para este tipo de sistemas.

El esquema de manejo de lodos propuesto garantiza una disposición controlada de los residuos del tratamiento, reduciendo impactos operativos y facilitando las labores de mantenimiento de la planta.

Tabla 6-1. Resumen de dimensionamiento preliminar de las unidades de la PTAP

Unidad de proceso	Parámetro principal	Valor preliminar adoptado	Observaciones técnicas
Torre de aireación	Caudal de diseño	44 L/s (160 m^3/h)	Caudal total de la PTAP
	Número de bandejas	5 bandejas	Sistema de aireación por bandejas
	Área por bandeja	5,76 m^2 (2,4 m × 2,4 m)	Carga hidráulica ≈ 27,8 $m^3/m^2 \cdot h$
	Altura total estimada	2,8 – 3,0 m	Incluye espaciamiento entre bandejas
Tanque de contacto	Volumen	80 m^3	Oxidación y contacto
	Tiempo de retención hidráulica	≈ 30 min	Para Q = 160 m^3/h
Clarificador	Volumen	≈ 150 m^3	Sedimentación de sólidos oxidados
	Área superficial	≈ 35 m^2	Velocidad de ascenso ≈ 4,5 m/h
	Tiempo de retención hidráulica	≈ 1,0 h	Compatible con proceso
Sistema de filtración	Número de filtros	3 filtros rápidos	Operación en paralelo
	Caudal por filtro	≈ 53,3 m^3/h	Permite sacar un filtro de servicio
	Tasa de filtración	≈ 10,8 m/h	Dentro de rangos recomendados

	Altura total del lecho	≈ 1,10 m	Grava + arena
	Tasa de lavado	≈ 40 m/h	Expansión del lecho ≈ 30 %
Sistemas hidráulicos	Velocidad en tuberías	1,3 – 1,7 m/s	Transporte interno
	Carga dinámica total	5 – 6 mca	Bombeos internos
	Potencia de bombas	≈ 7,5 HP	Selección preliminar
Manejo de lodos	Volumen del espesador	≈ 7 m^3	Concentración de lodos
	Tiempo de retención	2 – 3 h	Espesamiento
	Número de lechos de secado	6 unidades	Secado de lodos
	Área total de lechos	≈ 38 m^2	Producción ≈ 200 kg SST/día

Fuente: INGEOMAD SAS, 2026

7. IMPLANTACIÓN Y DISPOSICIÓN GENERAL

La implantación de la planta de tratamiento de agua potable se desarrolla con base en el plano de implantación del proyecto, el cual define la ubicación y disposición de las diferentes unidades del tren de tratamiento, los tanques de almacenamiento y las obras complementarias dentro del predio destinado para la PTAP. Esta implantación permite verificar la viabilidad espacial del diseño preliminar y su compatibilidad con el área disponible.

El área total destinada para la implantación de la PTAP y sus obras asociadas es del orden de 785 m^2, superficie suficiente para albergar las unidades de tratamiento, los sistemas de manejo de lodos, los tanques de almacenamiento y las áreas de circulación y operación requeridas. La disposición general responde a un criterio de flujo secuencial, minimizando cruces hidráulicos y facilitando la operación y el mantenimiento de la planta.

El tren de tratamiento se organiza de manera lineal, iniciando con la torre de aireación ubicada en el sector de ingreso del agua cruda, seguida del tanque de contacto y oxidación, el clarificador y el sistema de filtración. Esta disposición permite un flujo continuo por

gravedad y bombeo controlado, reduciendo la complejidad hidráulica interna y mejorando la confiabilidad operativa del sistema.

Las unidades de filtración se disponen en paralelo, con espacios adecuados para el acceso del personal y la operación de los sistemas de lavado. Posteriormente, el sistema de manejo de lodos, conformado por el espesador y los seis lechos de secado, se ubica en un sector independiente de la línea principal de tratamiento, evitando interferencias operativas y facilitando la disposición y retiro de los lodos secos.

Los tanques de almacenamiento proyectados se disponen de manera adyacente a la PTAP, conformando dos módulos con un volumen aproximado de 445 m^3 cada uno. Esta configuración permite regular la entrega del agua tratada al sistema de distribución, mejorar la continuidad del servicio y brindar flexibilidad operativa ante variaciones de demanda o mantenimientos programados.

El diseño de implantación incorpora un cerramiento perimetral mediante malla eslabonada galvanizada y elementos estructurales en concreto, garantizando la seguridad de las instalaciones y el control de accesos. Se incluyen portones y áreas de circulación interna que facilitan el ingreso de personal operativo y de equipos para mantenimiento, así como la movilización de materiales durante la fase de construcción.

Desde el punto de vista funcional, la implantación propuesta permite el crecimiento ordenado de la infraestructura y la incorporación de futuras ampliaciones, en caso de requerirse aumentos de capacidad o ajustes operativos. Asimismo, la disposición de las unidades minimiza riesgos asociados a interferencias hidráulicas, facilita la supervisión del proceso y contribuye a una operación segura y eficiente de la PTAP.

8. CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS Y ELECTROMECÁNICAS

Las consideraciones hidráulicas y electromecánicas del diseño preliminar de la PTAP se orientan a garantizar la conducción eficiente del caudal de diseño de 44 L/s entre las diferentes unidades del proceso, así como la selección preliminar de equipos que aseguren una operación estable, confiable y acorde con las condiciones del proyecto.

Desde el punto de vista hidráulico, el sistema interno de la PTAP se concibe como una combinación de tramos a presión y conducción por gravedad, buscando minimizar pérdidas de carga, reducir requerimientos energéticos y simplificar la operación. Las tuberías

internas se dimensionan preliminarmente para velocidades comprendidas entre 1,3 y 1,7 m/s, rango adecuado para evitar sedimentaciones y limitar pérdidas excesivas de energía.

Las pérdidas de carga asociadas a la conducción entre unidades se estiman de manera preliminar mediante métodos empíricos usuales, considerando longitudes equivalentes y accesorios, lo que permite establecer cargas dinámicas totales del orden de 5 a 6 mca para los principales sistemas de bombeo. Estos valores son coherentes con una planta de tratamiento compacta y con distancias internas reducidas entre unidades.

En cuanto a los sistemas de bombeo, el diseño preliminar contempla equipos destinados principalmente a la impulsión del agua hacia el clarificador y al suministro del caudal requerido para el lavado de filtros. Para estas aplicaciones se consideran potencias instaladas del orden de 7,5 HP, seleccionadas con márgenes de seguridad que permitan absorber variaciones operativas, condiciones térmicas y pérdidas adicionales no detalladas en esta etapa.

El sistema de lavado de filtros se diseña para operar con caudales superiores al caudal nominal de tratamiento, del orden de 190 a 200 m^3/h por filtro durante los eventos de lavado, garantizando tasas de lavado cercanas a 40 m/h y una adecuada expansión del lecho filtrante. El diseño preliminar considera la operación secuencial de los lavados, evitando la necesidad de sobredimensionar los sistemas hidráulicos y electromecánicos.

Desde el punto de vista electromecánico, se consideran criterios básicos de selección de equipos orientados a la estandarización, facilidad de mantenimiento y disponibilidad comercial. Los equipos principales incluyen bombas centrífugas, sistemas de dosificación de desinfectante, válvulas de control y accesorios hidráulicos, los cuales se seleccionan preliminarmente considerando condiciones de operación continua y ambientes con temperaturas elevadas.

El diseño preliminar no incluye el desarrollo del sistema eléctrico de detalle; sin embargo, se prevé la necesidad de contar con tableros de control, protecciones eléctricas y sistemas de respaldo que aseguren la operación segura de la planta. Estos elementos deberán definirse con mayor precisión en la fase de diseño definitivo, una vez se establezcan las características finales de los equipos.

Las consideraciones hidráulicas y electromecánicas planteadas permiten verificar que el esquema de la PTAP es técnicamente viable y coherente con el caudal de diseño, sin

requerir soluciones complejas ni equipos especiales, lo cual contribuye a la confiabilidad y sostenibilidad del sistema en el largo plazo.

Tabla 8-1. Parámetros hidráulicos y electromecánicos preliminares

Componente / sistema	Parámetro	Valor preliminar adoptado	Observaciones
Conducción interna	Velocidad en tuberías	1,3 – 1,7 m/s	Rango recomendado para PTAP compactas
Conducción interna	Material de tubería	PVC presión	Selección preliminar
Sistemas de bombeo	Carga dinámica total	5 – 6 mca	Incluye pérdidas y elevación
Sistemas de bombeo	Potencia instalada	≈ 7,5 HP	Selección con margen de seguridad
Impulsión a clarificación	Caudal de bombeo	160 m^3/h	Caudal de tratamiento
Lavado de filtros	Caudal de lavado por filtro	≈ 190 – 200 m^3/h	Tasa de lavado ≈ 40 m/h
Lavado de filtros	Tiempo de lavado	8 – 12 min	Operación secuencial
Sistemas de dosificación	Tipo de dosificación	Hipoclorito de sodio	Desinfección y oxidación
Equipos electromecánicos	Régimen de operación	Continuo	Planta de operación permanente
Sistemas eléctricos	Nivel de diseño	Preliminar	Definición en diseño definitivo

Fuente: INGEOMAD SAS, 2026

Finalmente, cabe aclarar que Los parámetros presentados corresponden a valores preliminares adoptados para la etapa de preinversión y podrán ser ajustados durante la fase de diseño definitivo, sin modificar la configuración general del sistema propuesto.

9. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La operación de la planta de tratamiento de agua potable se concibe bajo un esquema continuo, orientado a garantizar el tratamiento del caudal de diseño de 44 L/s y la entrega permanente de agua potable al sistema de almacenamiento y distribución del municipio de Tibú. La configuración del tren de tratamiento y la selección preliminar de equipos permiten

una operación estable y predecible, acorde con las condiciones de una PTAP para agua subterránea.

El esquema operativo considera la operación simultánea de las principales unidades de proceso, con la posibilidad de sacar de servicio componentes específicos, como los filtros rápidos, para labores de lavado o mantenimiento, sin interrumpir la operación global de la planta. Esta flexibilidad operativa contribuye a mejorar la continuidad del servicio y a reducir el riesgo de paradas no programadas.

Las labores de mantenimiento se orientan principalmente a actividades preventivas, tales como la limpieza periódica de la torre de aireación, la verificación de los sistemas de dosificación, el control de pérdidas de carga en los filtros y la revisión de los equipos de bombeo. El diseño preliminar prioriza la accesibilidad a las unidades y la estandarización de equipos, facilitando la ejecución de estas actividades por parte del personal operativo.

El sistema de lavado de filtros se programa de manera secuencial, en función del incremento de las pérdidas de carga o del deterioro de la calidad del agua filtrada, evitando el uso simultáneo de grandes caudales de lavado que puedan afectar la operación de la planta. Este criterio permite optimizar el consumo de agua tratada y reducir el impacto operativo de los lavados.

En cuanto al manejo de lodos, el espesador y los lechos de secado permiten una gestión periódica y controlada de los residuos generados en el proceso de tratamiento. Las actividades de retiro y disposición de lodos secos se pueden realizar de manera programada, minimizando interferencias con la operación del sistema y reduciendo riesgos sanitarios.

Desde el punto de vista del recurso humano, la PTAP puede ser operada por personal con formación técnica en operación de sistemas de tratamiento de agua potable, sin requerir esquemas altamente especializados. La simplicidad relativa del tren de tratamiento y la claridad en la configuración del sistema facilitan la capacitación del personal y la apropiación del proceso operativo.

Las consideraciones de operación y mantenimiento planteadas permiten prever un desempeño confiable de la PTAP, con costos operativos controlados y una vida útil adecuada de los equipos e infraestructuras, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema de acueducto urbano en el mediano y largo plazo.

Tabla 9-1. Actividades generales de operación y mantenimiento de la PTAP

Componente / sistema	Actividad principal	Frecuencia referencial	Observaciones operativas
Torre de aireación	Limpieza de bandejas y revisión estructural	Trimestral	Evitar incrustaciones y obstrucciones
Tanque de contacto	Inspección y limpieza interna	Semestral	Verificar deflectores y condiciones hidráulicas
Clarificador	Retiro de lodos sedimentados	Periódica (según operación)	Ajustar según carga de sólidos
Filtros rápidos	Lavado de filtros	Según pérdida de carga	Operación secuencial
Filtros rápidos	Inspección del lecho filtrante	Anual	Reposición parcial si es necesario
Sistema de lavado	Revisión de válvulas y boquillas	Semestral	Garantizar caudal de lavado
Bombas	Revisión mecánica y eléctrica	Trimestral	Mantenimiento preventivo
Dosificación química	Calibración de equipos	Mensual	Ajuste de dosis
Espesador de lodos	Retiro de lodos espesados	Semanal	Según producción real
Lechos de secado	Retiro de lodos secos	Periódica	Depende de clima y carga
Sistema eléctrico	Inspección general	Semestral	Tableros y protecciones

Fuente: INGEOMAD SAS, 2026

10. ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE COSTOS

La estimación preliminar de costos del diseño propuesto para la PTAP de 44 L/s se desarrolla con el propósito de establecer un orden de magnitud de la inversión requerida para la implementación de la infraestructura, en coherencia con el nivel de definición propio de la etapa de preinversión. Los valores presentados no constituyen un presupuesto definitivo, sino una referencia técnica para la toma de decisiones y la planificación del proyecto.

La estimación considera como componentes principales la construcción de la planta de tratamiento, el suministro e instalación de equipos electromecánicos, las obras civiles

complementarias, el cerramiento perimetral y las actividades asociadas a la adecuación del predio. Los costos se fundamentan en información disponible de mercado, presupuestos preliminares desarrollados para el proyecto y referencias técnicas para infraestructuras similares.

El costo principal corresponde a la PTAP propiamente dicha, incluyendo equipos de proceso, sistemas de bombeo, tuberías internas, montaje y puesta en marcha. Para la planta de tratamiento con capacidad de 44 L/s, el costo estimado se sitúa del orden de **$3.000 millones de pesos colombianos**, valor que incluye equipos, montaje y actividades de arranque.

Adicionalmente, se consideran los costos asociados a obras civiles complementarias, tales como demoliciones requeridas en el predio, construcción de fundaciones, plataformas, estructuras de soporte, lechos de secado y obras de drenaje. Estas actividades representan un componente adicional relevante dentro de la inversión total y han sido estimadas a partir de cantidades de obra preliminares.

El cerramiento perimetral de la PTAP, necesario para garantizar la seguridad y el control de accesos, se estima con un costo aproximado de **$30 millones de pesos colombianos**, valor que incluye elementos en concreto, malla eslabonada galvanizada, estructuras metálicas y portones de acceso.

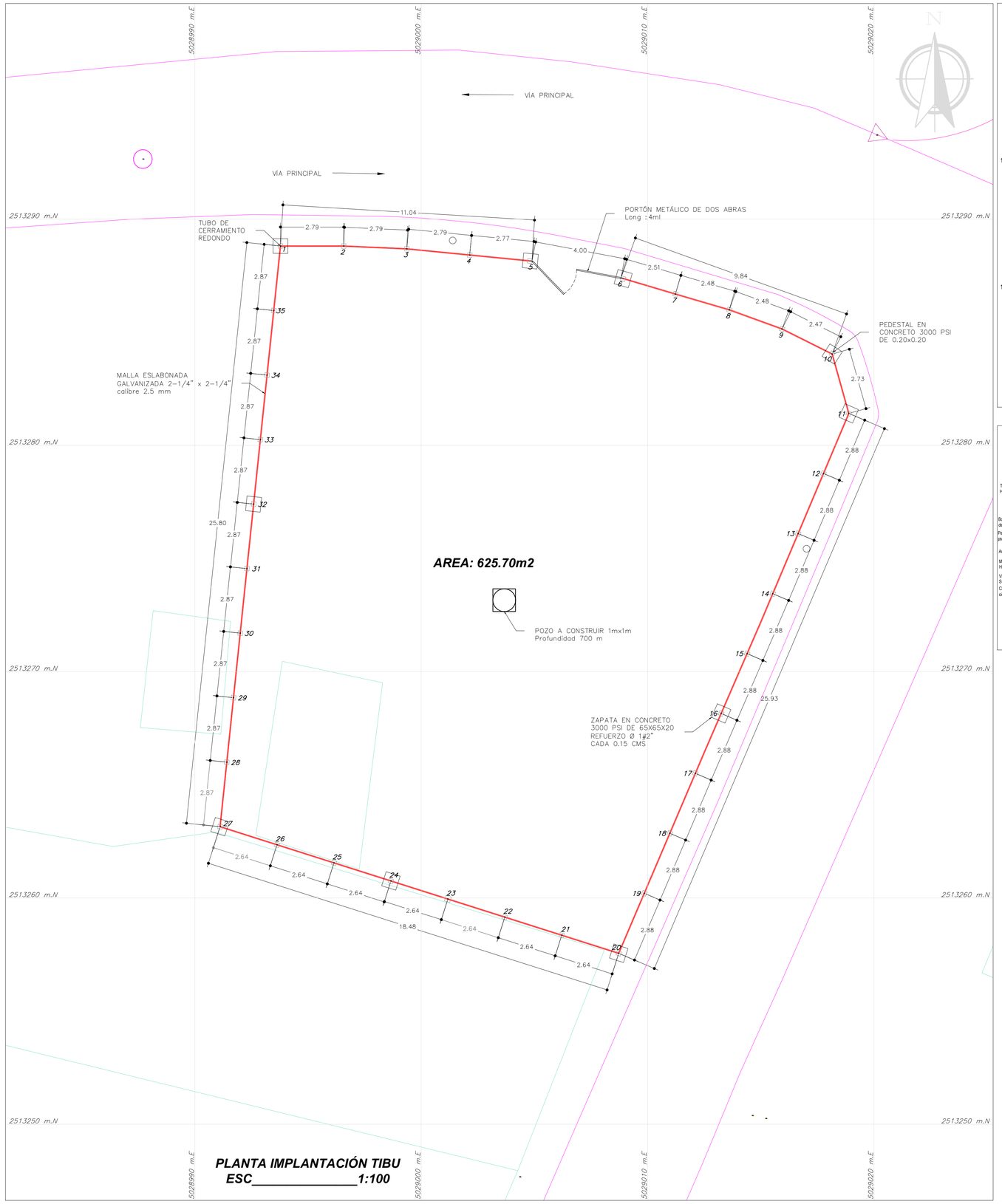
Tabla 10-1. Estimación preliminar de costos de la PTAP

Componente	Costo estimado (COP)	Observaciones
PTAP (equipos, montaje y puesta en marcha)	≈ 3.000.000.000	Planta de 44 L/s
Obras civiles complementarias	≈ 300.000.000	Fundaciones, estructuras, lechos
Cerramiento perimetral	≈ 30.000.000	Malla y obras asociadas
Demoliciones y adecuación del predio	≈ 100.000.000	Valor referencial
Costo total estimado	**≈ 3.430.000.000**	Orden de magnitud

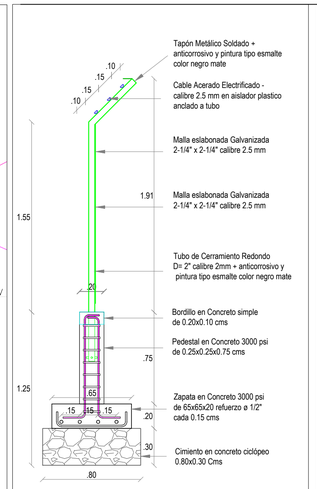
Fuente: INGEOMAD SAS, 2026

11. CONCLUSIONES

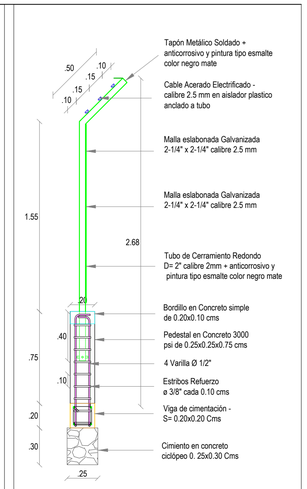
- El diseño preliminar desarrollado para la planta de tratamiento de agua potable de 44 L/s permite verificar la viabilidad técnica, operativa y espacial de la solución propuesta para la optimización del acueducto urbano del municipio de Tibú, mediante el aprovechamiento de una nueva fuente subterránea.
- La configuración del tren de tratamiento adoptado, basada en procesos de aireación, oxidación, clarificación, filtración, desinfección y manejo de lodos, resulta adecuada para las características esperadas del agua subterránea y para el caudal de diseño considerado. El dimensionamiento preliminar de las unidades demuestra que los volúmenes, áreas y tasas adoptadas se encuentran dentro de rangos técnicos aceptables para plantas de este tipo.
- La implantación propuesta confirma que la PTAP, los tanques de almacenamiento y las obras complementarias pueden disponerse de manera funcional dentro del predio disponible, garantizando accesibilidad, seguridad y condiciones adecuadas para la operación y el mantenimiento. Asimismo, la disposición general de las unidades favorece un flujo ordenado del proceso y reduce interferencias hidráulicas y operativas.
- Desde el punto de vista hidráulico y electromecánico, el diseño preliminar evidencia que el sistema puede operar con soluciones convencionales, sin requerir equipos especiales ni configuraciones complejas, lo que contribuye a la confiabilidad del sistema y a la sostenibilidad de la operación en el mediano y largo plazo.
- La estimación preliminar de costos, desarrollada a nivel de orden de magnitud, indica que la inversión requerida es coherente con la capacidad de la planta, el alcance de las obras y los beneficios esperados en términos de mejora de la continuidad y calidad del servicio de agua potable. Estos costos deberán ajustarse en fases posteriores del proyecto, una vez se cuente con diseños de detalle y especificaciones definitivas.
- En conjunto, el diseño preliminar de la PTAP de 44 L/s constituye un soporte técnico sólido para avanzar hacia las siguientes etapas del proyecto, permitiendo consolidar una solución funcional, confiable y alineada con los objetivos de optimización del sistema de acueducto urbano del municipio de Tibú.



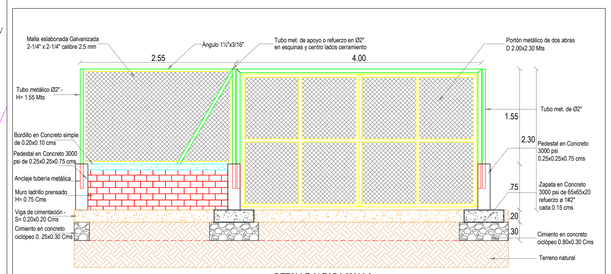
PLANTA IMPLANTACIÓN TIBU
ESC_____1:100



DETALLE MURO DE CERRAMIENTO CON ZAPATA Y MALLA ESLABONADA
Esc. 1 : 25

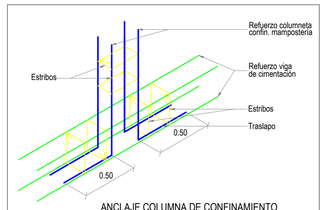


DETALLE MURO DE CERRAMIENTO CON VIGA Y MALLA ESLABONADA
Esc. 1 : 25

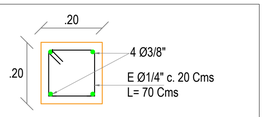


DETALLE ALZADA MALLA DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD
ESC_1:50

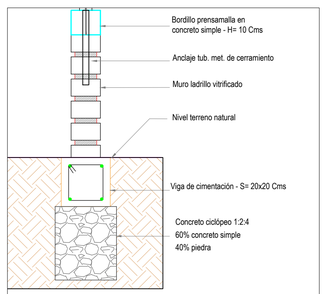
TABLA DE COORDENADAS EJE PEDESTALES		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	2513288.810	5028993.780
2	2513288.807	5028996.573
3	2513288.684	5028999.360
4	2513288.409	5029002.139
5	2513288.144	5029004.869
6	2513287.402	5029008.825
7	2513286.688	5029011.227
8	2513285.991	5029013.607
9	2513285.145	5029015.935
10	2513284.038	5029018.152
11	2513281.412	5029018.888
12	2513278.757	5029017.769
13	2513276.101	5029016.649
14	2513273.446	5029015.530
15	2513270.798	5029014.397
16	2513268.154	5029013.251
17	2513265.508	5029012.111
18	2513262.857	5029010.982
19	2513260.200	5029009.853
20	2513257.555	5029008.723
21	2513258.355	5029006.207
22	2513259.154	5029003.691
23	2513259.953	5029001.175
24	2513260.752	5028998.659
25	2513261.552	5028996.143
26	2513262.351	5028993.627
27	2513263.150	5028991.111
28	2513266.001	5028991.408
29	2513268.852	5028991.704
30	2513271.703	5028992.001
31	2513274.555	5028992.297
32	2513277.406	5028992.594
33	2513280.257	5028992.891
34	2513283.108	5028993.187
35	2513285.959	5028993.484



ANCLAJE COLUMNA DE CONFINAMIENTO
ESCALA _____ 50



SECCIÓN VIGA DE CIMENTACIÓN
1 _____ 20



DETALLE CORTE CERRAMIENTO
1 _____ 25

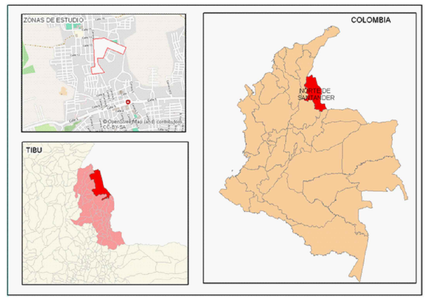
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ

EMTIBÚ ESP

10 20 30 40 50 m.
1 2 3 4 5 cm.

ESCALA GRAFICA

EQUIVALENTE A ESCALA 1 : 100



CONVENCIONES

- Puntos GPS
- Puntos Levantamiento
- Curva Indice
- Curva Secundaria
- Eje Rio
- Registro Acueducto

Vía	CONSTRUCCIONES
Tipo	Tipo
Vía	Construcción

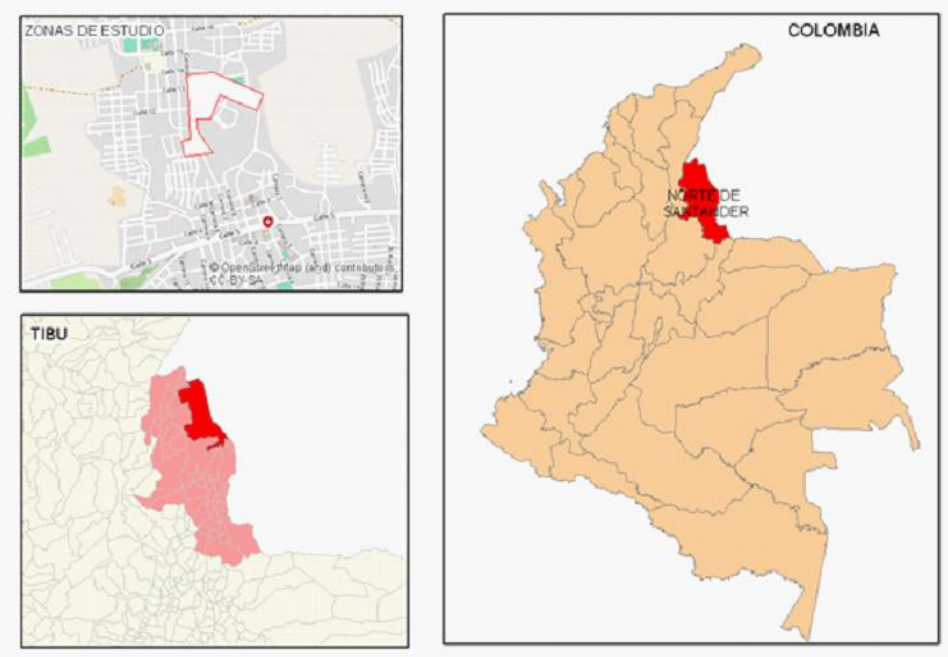
Christian Hernando Bedoya Ospina
C.C 1026255269
M.P. 25335218950CND

DEPARTAMENTO: NORTE DE SANTANDER	MUNICIPIO: TIBU	VEREDA: _____
PROPIETARIO DE LOS PREDIOS: _____		AREA LEVANTAMIENTO: 625.70 m2
LEVANTÓ: Nombre: Christian Bedoya Profesión: Ingeniero Topográfico Matrícula Profesional No. 25335218950CND	CALCULÓ: Nombre: Christian Bedoya Profesión: Ingeniero Topográfico Matrícula Profesional No. 25335218950CND	REVISÓ: Nombre: Mauricio Delgado Profesión: Ingeniero Topográfico Matrícula Profesional No. 25335198213CND
LOCALIZACIÓN:		FECHA: NOVIEMBRE DE 2025
		ARCHIVO: PLANTA IMPLANTACIÓN TIBU.dwg
		1
PROYECCIÓN: CONFORME DE GAUSS KRÜGER DATUM MAGNA-SIRGAS ORIGEN: UNICO NACIONALCTM-12 LONGITUD: 73° 00' 0,0000" W LATITUD: 04° 00' 00,000" N FALSO ESTE: 5 000 000 m.E FALSO NORTE: 2 000 000 m.N	CARTOGRAFÍA BASE: PLANCHA IGAC No. 318IB4 ESCALA 1: 10000	TIPO LEVANTAMIENTO: PLANO IMPLANTACIÓN

Anexo 2. Componente eléctrico

MEMORIA DE CÁLCULO

BOMBA DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE



Contenido

1. RESUMEN DEL PROYECTO 4
2. ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS 4
3. ANÁLISIS DE RIESGOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS (RAYOS) Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN 11
4. ANÁLISIS Y CÁLCULO DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS 16
5. ANALISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO 16
6. ANÁLISIS Y CÁLCULOS DE CORTOCIRCUITO, ARCO ELÉCTRICO Y FALLA A TIERRA 16
7. ANALISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO 16
8. CALCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS 17
9. CALCULO DE TRANSFORMADOR 17
10. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA 17
11. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA TODOS LOS FACTORES DE PÉRDIDAS, LAS CARGAS RESULTANTES Y LOS COSTOS DE LA ENERGÍA. 34
12. ESPECIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR 36
13. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN Y SOPORTE DE REDES DE TRANSMISIÓN, DE DISTRIBUCIÓN, SUBESTACIONES Y CENTRALES DE GENERACIÓN 37
14. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES 38
15. CALCULO DE CANALIZACIONES 40
16. CALCULO PERDIDAS DE ENERGIA 40
17. CALCULO DE REGULACIÓN 41
18. ÁREAS CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS 42
19. DIAGRAMAS UNIFILARES 42
20. PLANOS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN 42

21. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS, INCLUYENDO LAS DE TIPO TÉCNICO DE EQUIPOS Y MATERIALES Y SUS CONDICIONES PARTICULARES 42

22. DISTANCIAS DE SEGURIDAD O SERVIDUMBRE REQUERIDAS 42

23. JUSTIFICACIÓN DE DESVIACIONES TÉCNICAS CUANDO SEA ESTRICTAMENTE NECESARIAS, SIEMPRE Y CUANDO NO COMPROMETA LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS O DE LA INSTALACIÓN 43

24. LOS DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN, TALES COMO CONDICIONES SÍSMICAS, ACÚSTICAS, MECÁNICAS O TÉRMICAS 43

25. SELECCIÓN, CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALE 43

1. RESUMEN DEL PROYECTO

DATOS GENERALES

NOMBRE DEL PROYECTO:	**BOMBA DE SUMINISTRO AGUA POTABLE**
CIUDAD / MUNICIPIO:	Tibú – Norte de Santander
TIPO DE SERVICIO:	Comercial
OBJETO:	INSTALAR TRANSFORMADOR EN POSTE
VOLTAJE PRIMARIO:	13200 V
VOLTAJE SECUNDARIO:	208-120 V

OBJETO DEL PROYECTO

Diseñar un transformador en poste de 225 kVA para la alimentación eléctrica de una (1) cuenta trifásica, instalada en un grupo de medida indirecta. Para el proyecto en construcción denominado **BOMBA DE SUMINISTRO AGUA POTABLE** ubicado en el municipio de Tibú – Norte de Santander.

Comentado [cs1]: 225 o 150?

Comentado [AD2R1]: corregido

2. ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS

Introducción

“En general la utilización y dependencia tanto industrial como domestica de la energía eléctrica ha traído condigo la aparición de accidentes por contacto con elementos energizados o incendios, los cuales se han incrementado por el aumento del número de instalaciones, principalmente en la distribución y uso final de la electricidad. “

Este estudio tiene como principal objetivo crear conciencia sobre los riesgos existentes en todo lugar donde se haga uso de la electricidad o se tenga elementos energizados.

Los accidentes con origen eléctrico pueden ser producidos por: contactos directos (bipolar o fase – fase, fase – neutro, fase - tierra), contactos indirectos (inducción, contacto con masa energizada, tensión de paso, tensión de contacto tensión transferida), impactos de rayo, fulguración, explosión, incendio, sobrecorriente y sobretensiones.

Matriz de análisis de riesgo

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones (Tabla 9.3). La metodología a seguir en un caso en particular, es la siguiente:

a. Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
b. Definir si el riesgo es potencial o real.
c. Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que analiza.
d. Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): esa será la valoración del riesgo para cada clase.

e. Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas
f. Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
g. Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la Tabla 9.4.

RIESGO A EVALUAR:	por _____ (al) o (en) _____									
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)			FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)				
POTENCIAL ☐				REAL ☐		FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E No ha ocurrido en el sector	D Ha ocurrido en el sector	C Ha ocurrido en la Empresa	B Sucede varias veces al año en la Empresa	A Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador: _____					MP: _____			Fecha: _____		

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisible para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de

		Requiere permiso especial de trabajo.	Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso especial de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Verificar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Factores de Riesgo más comunes

A continuación, se indican los factores de riesgo más comunes que se pueden presentar en el proyecto, al igual que sus posibles causas y algunas medidas de protección.

a) Arcos Eléctricos.

Posibles causas: Malos contactos, Pruebas de Automáticos para circuitos con cargas, implementación de herramientas sin las protecciones adecuadas, trabajar en tableros energizados.

Medidas de protección: Utilizar las herramientas, prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta, atender las definiciones y exigencias de la Resolución 90708 de Agosto de 2013 la cual exige a todos los responsables de las instalaciones eléctricas conocer y mantener un registro sobre los riesgos eléctricos asociados al arco eléctrico y los procedimientos seguros de trabajo. S se hace énfasis en las siguientes definiciones.

LIMITE DE APROXIMACION SEGURA: Es la distancia mínima, desde el punto energizado más accesible del equipo, hasta la cual el personal o calificado puede situarse sin riesgo de exposición al arco eléctrico.

LIMITE DE APROXIMACION RESTRINGIDA: Es la distancia mínima hasta la cual el profesional competente puede situarse sin llevar los elementos de protección personal certificados contra riesgo por arco eléctrico.

LIMITE DE APROXIMACION TECNICA: Es la distancia mínima en la cual solo el profesional competente que lleva elementos de protección personal certificados contra arco eléctrico realiza trabajos en la zona de influencia directa de las partes energizadas de un equipo.

Para actividades tales como cambio de interruptores o partes de él, intervenciones sobre transformadores de corriente, mantenimiento de barrajes, instalación y retiro de medidores, apertura de condensadores, macromediciones, medición de tensión y corriente, entre otras; deben cumplirse procedimientos seguros como los establecidos en la NFPA 70 E o IEC 60364.

b) Ausencia de Electricidad.

Posibles causas: No existe planta de emergencia para suplir la carga del edificio
Medidas de protección: Disponer de un sistema de respaldo eléctrico (planta eléctrica)

c) Descargas Eléctricas Atmosféricas.

Posibles Causas: Sobretensión Inducida por campos Electromagnéticos en el punto de impacto del rayo.

Medidas de protección: Disponer de DPS´s en el Tablero General de Acometidas, instalar un sistema de Puesta a Tierra y un sistema de apantallamiento adecuado que se ajuste a los requerimientos del proyecto y cumpliendo con lo establecido en la Resolución No. 90708 de agosto de 2013

d) Sobrecarga en circuitos de los Apartamentos.

Posibles Causas: Utilizar multitomas para conectar varias cargas eléctricas de forma simultánea, conectar a tomacorrientes equipos cuya carga requerida es mayor a la instalada en cada uno de los apartamentos.

Medidas de protección: dejar holguras en los cortocircuitos de tal forma que no queden sobrecargados, atender las especificaciones y requerimientos de los fabricantes de equipos eléctricos

e) Cortocircuitos

Posibles causas: Tener presencia de zonas húmedas donde las tomas previstas no son tipo GFCI, conectar de forma inadecuada los equipos a los tomacorrientes.

Medidas de protección: Dejar previstos tomacorrientes en todas las zonas húmedas (mesones de cocina, baños patios etc.), disponer de las protecciones adecuadas en cada uno de los circuitos, de modo que estos actúen y no comprometan al resto de la instalación eléctrica en el evento de

un cortocircuito,

a. Riesgos más comunes:

- **<u>Electrocución debido a:</u>**

  No tener en cuenta las 5 reglas de oro, intentar trabajar sin tensión, pero sin ser precavidos de realizar las mediciones correctas para asegurarse de que no exista tensión en los conductores, mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección, conductores deteriorados con parte energizadas expuestas. Usar equipos en mal estado o para la aplicación incorrecta, malas prácticas de la electrotecnia, incorrecta instalación del sistema de puesta a tierra.

- **<u>Posibles medidas de prevención</u>**

A) Sistema de protección contra contactos indirectos.

Para la prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, se debe revisar que los empalmes y/o conexiones debes estar completamente aislado, el sistema de protección de puesta a tierra debe estar equipotencializado con todos los equipos eléctricos, sus carcazas, protecciones y la malla de tierra presente en la obra

B) Normas de prevención para conductores.

- Se debe verificar que el cableado sea el adecuado, según el diagrama unifilar que sea capaz de transportar la potencia para la cual fue dimensionado, teniendo en cuenta el arranque de motores y cumpliendo con las caídas de tensión permisibles.

- Todos los conductores utilizados serán aislados para un nivel de tensión mínimo de 600 Voltios, estos conductores deberán estar en muy buen estado

C) Medidas a tomar en situaciones de alto riesgo.

- En circunstancias que se evidencie ALTO RIESGO o PELIGRO INMINENTE para las personas, se debe interrumpir el funcionamiento de la instalación eléctrica, excepto en aeropuertos, áreas críticas de centros de atención médica o cuando la interrupción conlleve a un riesgo mayor; caso en el cual se deben tomar otras medidas de seguridad, tendientes a minimizar el riesgo.
- En estas situaciones, la persona calificada que tenga conocimiento del hecho, debe informar y solicitar a la autoridad competente que se adopten medidas provisionales que mitiguen el riesgo, dándole el apoyo técnico que este a su alcance; la autoridad que haya recibido el reporte debe comunicarse en el menor tiempo posible con el responsable de la operación de la instalación eléctrica, para que realice los ajustes requeridos y lleve la instalación a las condiciones reglamentarias; de no realizarse dichos ajustes, se debe

informar inmediatamente al organismo de control y vigilancia, quien tomara la medidas pertinentes.

ANALISIS PARTICULAR-MATRIZ DE RIESGO

BOMBA DE SUMINISTRO AGUA POTABLE

ITEM	RIESGO	POSIBLES CAUSAS	MEDIDAS DE PROTECCIÓN	NIVEL DE RIESGO	RESPONSABLE
1	ARCO ELÉCTRICO	Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores.	Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta.	MEDIO	Constructor obra
2	AUSENCIA DE ELECTRICIDAD	Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia.	Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.	NULO	Constructor obra
3	CONTACTO DIRECTO	Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos.	Distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión.	BAJO	Constructor obra
4	CONTACTO INDIRECTO	Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.	Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores	BAJO	Constructor obra

			diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.		
5	CORTOCIRCUITO	Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades.	Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.	BAJO	Constructor obra
6	ELECTRICIDAD ESTÁTICA	Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.	Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.	BAJO	Constructor obra
7	EQUIPO DEFECTUOSO	Falta de mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.	Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.	BAJO	Residente de Obra
8	RAYOS	Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.	Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además, suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.	BAJO	Constructor y residente de obra
9	SOBRECARGA	Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos.	Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles, dimensionamiento adecuado de conductores y equipos.	BAJO	Constructor y residente de obra
10	TENSIÓN DE CONTACTO	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.	Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.	BAJO	Constructor obra

11	TENSIÓN DE PASO	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,	Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.	BAJO	Constructor obra



POTENCIAL ☐ REAL ☐						FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

En conclusión, según cuadro anterior se selecciona un NIVEL DE RIESGO MEDIO, el cual necesita protección específica, que se amplía según criterio del constructor.

3. ANÁLISIS DE RIESGOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS (RAYOS) Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN

OBJETO

El presente documento registra el análisis de riesgo del proyecto Bomba Suministro Agua Potable, en donde se establece el nivel de riesgo de la estructura y dependiendo de este nivel determinaremos si se necesita la protección externa (pararrayos) y adicionalmente se requiere protección interna.

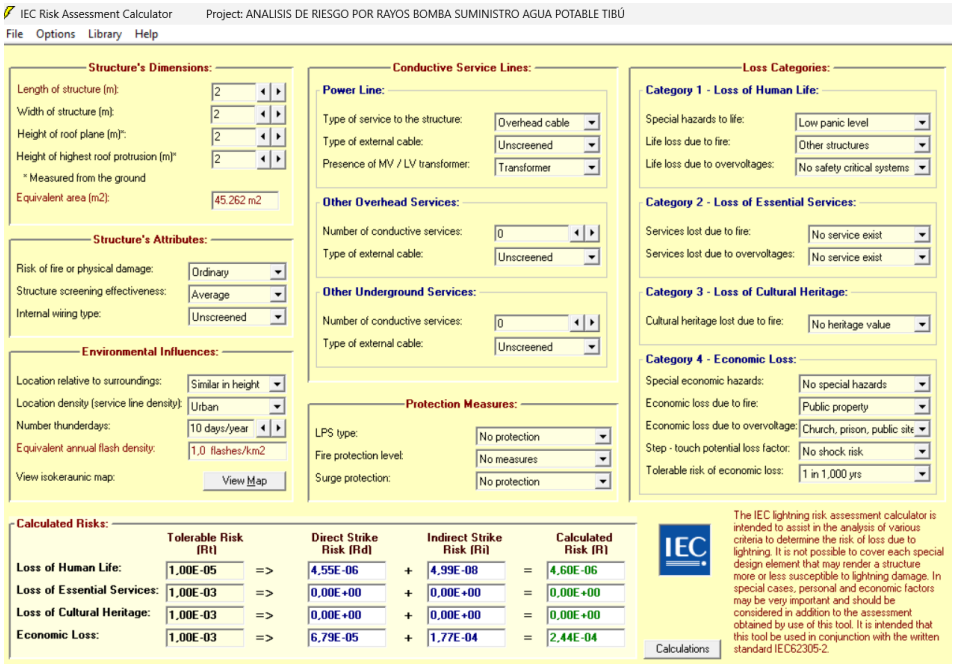
EVALUACIÓN DE RIESGO.

Se realiza la evaluación de Riesgo debido a descargas atmosféricas en el proyecto Bomba de suministro de Agua Potable en el municipio de Tibú-Norte de Santander.

Es necesario evaluar el riesgo al que está expuesta la estructura y su contenido, o el riesgo asociado a las acometidas de servicios y todo aquello que se encuentre conectado al servicio. El riesgo se define como el "***promedio anual probable de pérdidas***".

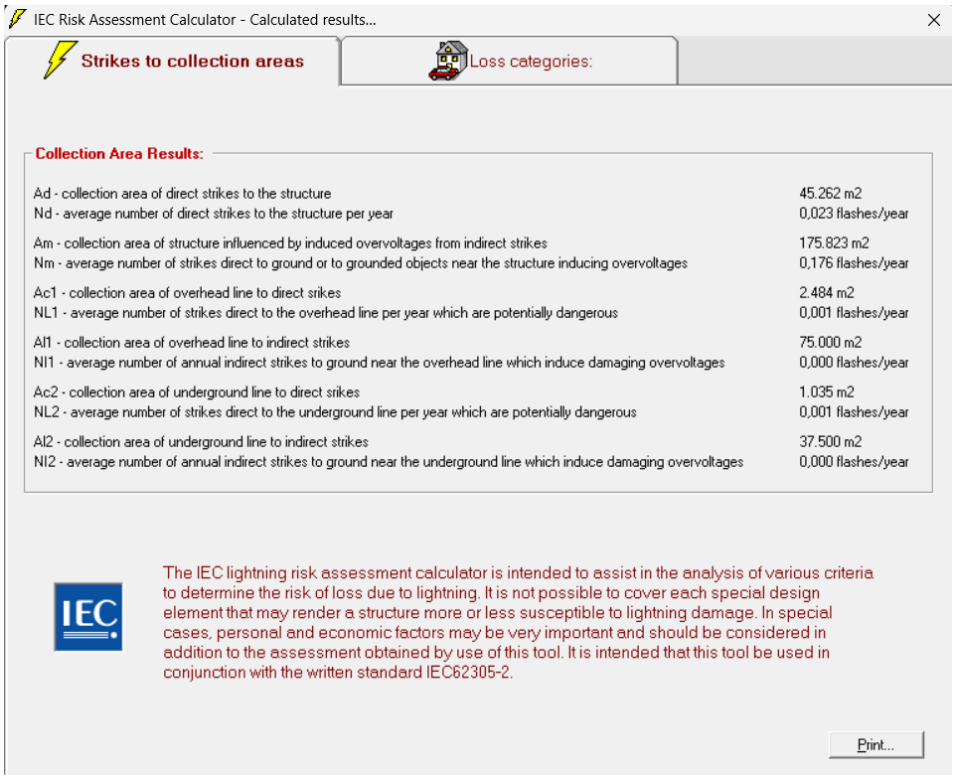
Se calcula el riesgo debido a descargas eléctricas atmosféricas en estructuras o en la acometida de servicio eléctrico, cumpliendo la norma nacional NTC 4552-2 (2007) Protección contra Rayos - Parte 2: Evaluación de riesgo por rayos (Se realizó en el programa **RIESGO**).

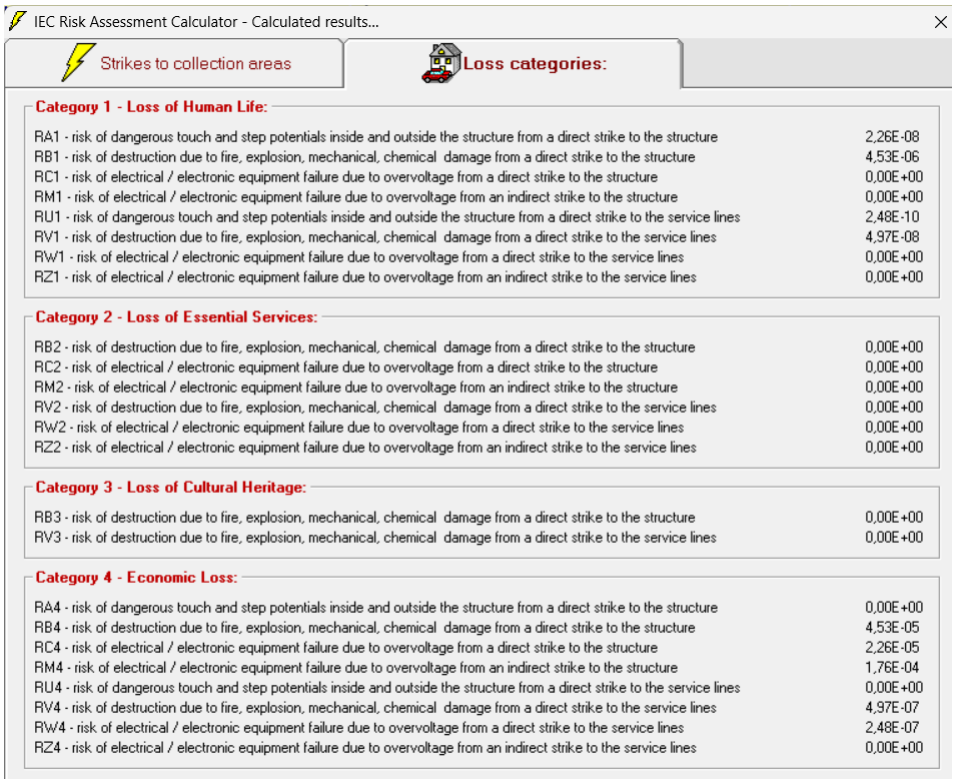
Lo primero que se desarrolla es un análisis de riesgo, para determinar si se requiere o no se requiere el sistema de protección externa e interna, para lo cual en el programa IEC RISK, el cual está basado en la norma IEC 62305, cuya norma es la base de la norma Colombiana NTC 4552; se introducen los datos de la estructura a evaluar, tal como lo pueden observar en la siguiente imagen, extraída del programa mencionado anteriormente:



Como pueden observar en la anterior imagen el riesgo calculado para las pérdidas de vidas humanas, las pérdidas de servicios públicos, las pérdidas de patrimonio y las pérdidas económicas es más bajo que el riesgo tolerable, para lo cual el programa IEC RISK, el valor de riesgo calculado lo muestra de color verde. Por lo cual, si el riesgo calculado es más bajo que el riesgo tolerable, no se requiere instalar una protección externa, ni interna para la estructura, esto de acuerdo con lo planteado en la NTC 4552-1/2/3.

Al tener estos resultados de análisis de riesgo por rayos en donde el proyecto BOMBA DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE quedo protegido. A continuación, les mostramos las tablas de cálculo arrojadas por el programa IEC RISK.


IEC Risk Assessment Calculator - Calculated results...
Strikes to collection areas
Loss categories:
Collection Area Results:
Ad - collection area of direct strikes to the structure
45.262 m2
Nd - average number of direct strikes to the structure per year
0,023 flashes/year
Am - collection area of structure influenced by induced overvoltages from indirect strikes
175.823 m2
Nm - average number of strikes direct to ground or to grounded objects near the structure inducing overvoltages
0,176 flashes/year
Ac1 - collection area of overhead line to direct strikes
2.484 m2
NL1 - average number of strikes direct to the overhead line per year which are potentially dangerous
0,001 flashes/year
AI1 - collection area of overhead line to indirect strikes
75.000 m2
NI1 - average number of annual indirect strikes to ground near the overhead line which induce damaging overvoltages
0,000 flashes/year
Ac2 - collection area of underground line to direct srikes
1.035 m2
NL2 - average number of strikes direct to the underground line per year which are potentially dangerous
0,001 flashes/year
AI2 - collection area of underground line to indirect strikes
37.500 m2
NI2 - average number of annual indirect strikes to ground near the underground line which induce damaging overvoltages
0,000 flashes/year
IEC
The IEC lightning risk assessment calculator is intended to assist in the analysis of various criteria to determine the risk of loss due to lightning. It is not possible to cover each special design element that may render a structure more or less susceptible to lightning damage. In special cases, personal and economic factors may be very important and should be considered in addition to the assessment obtained by use of this tool. It is intended that this tool be used in conjunction with the written standard IEC62305-2.
Print...



IEC Risk Assessment Calculator - Calculated results...

Strikes to collection areas | Loss categories:

Category 1 - Loss of Human Life:

RA1 - risk of dangerous touch and step potentials inside and outside the structure from a direct strike to the structure	2,26E-08
RB1 - risk of destruction due to fire, explosion, mechanical, chemical damage from a direct strike to the structure	4,53E-06
RC1 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from a direct strike to the structure	0,00E+00
RM1 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from an indirect strike to the structure	0,00E+00
RU1 - risk of dangerous touch and step potentials inside and outside the structure from a direct strike to the service lines	2,48E-10
RV1 - risk of destruction due to fire, explosion, mechanical, chemical damage from a direct strike to the service lines	4,97E-08
RW1 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from a direct strike to the service lines	0,00E+00
RZ1 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from an indirect strike to the service lines	0,00E+00

Category 2 - Loss of Essential Services:

RB2 - risk of destruction due to fire, explosion, mechanical, chemical damage from a direct strike to the structure	0,00E+00
RC2 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from a direct strike to the structure	0,00E+00
RM2 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from an indirect strike to the structure	0,00E+00
RV2 - risk of destruction due to fire, explosion, mechanical, chemical damage from a direct strike to the service lines	0,00E+00
RW2 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from a direct strike to the service lines	0,00E+00
RZ2 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from an indirect strike to the service lines	0,00E+00

Category 3 - Loss of Cultural Heritage:

RB3 - risk of destruction due to fire, explosion, mechanical, chemical damage from a direct strike to the structure	0,00E+00
RV3 - risk of destruction due to fire, explosion, mechanical, chemical damage from a direct strike to the service lines	0,00E+00

Category 4 - Economic Loss:

RA4 - risk of dangerous touch and step potentials inside and outside the structure from a direct strike to the structure	0,00E+00
RB4 - risk of destruction due to fire, explosion, mechanical, chemical damage from a direct strike to the structure	4,53E-05
RC4 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from a direct strike to the structure	2,26E-05
RM4 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from an indirect strike to the structure	1,76E-04
RU4 - risk of dangerous touch and step potentials inside and outside the structure from a direct strike to the service lines	0,00E+00
RV4 - risk of destruction due to fire, explosion, mechanical, chemical damage from a direct strike to the service lines	4,97E-07
RW4 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from a direct strike to the service lines	2,48E-07
RZ4 - risk of electrical / electronic equipment failure due to overvoltage from an indirect strike to the service lines	0,00E+00

4. ANÁLISIS Y CÁLCULO DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS

La carga para el proyecto BOMBA DE SUMINISTO DE AGUA POTABLE, se determinó teniendo en cuenta que la bomba a instalar es de 175HP, con la cual se determinó teniendo en cuenta un factor de corrección de 1.0, con lo cual tendríamos una potencia requerida de la bomba 175HP*1.0=175kVA, y le sumamos una carga futura para alumbrado exterior y cuarto de bombas de 4.0kVA, teniendo una carga requerida de 179.0kVA.

5. ANALISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO

El aislamiento eléctrico de los conductores a instalar dentro del cuarto de bomba es THHN/THWN para 600V.

El material aislante usado para la fabricación de conductores eléctricos son los polímeros termoplásticos y de hule. Un termoplástico es un tipo de plástico que cambia sus propiedades cuando se calienta y se enfría. Los termoplásticos se ablandan cuando se les aplica calor y tienen un acabado liso y duro cuando se enfrían. Algunos termoplásticos son el polietileno (PE) y el policloruro de vinilo (PVC).

Y los conductores a instalar en media tensión son en cable de **A**luminio con **C**onductor de **S**acero **R**eforzado (ACSR), por lo cual no tienen aislamiento.

6. ANÁLISIS Y CÁLCULOS DE CORTOCIRCUITO, ARCO ELÉCTRICO Y FALLA A TIERRA

Al tener un transformador trifásico de 225 kVA, refrigerado en aceite, conexión DYn5, con una impedancia característica de cortocircuito del 4%, nivel de tensión primario 13.2kV y nivel de tensión secundario 208/120V, se tienen las siguientes corrientes de cortocircuito:

$$Iccp = \frac{\left(\frac{225kVA}{13.2kV * \sqrt{3}}\right)}{4\%} = \frac{9.84A}{0.04} = \mathbf{246.03\ A}$$

$$Iccs = \frac{\left(\frac{225kVA}{0.208 * \sqrt{3}}\right)}{4\%} = \frac{625.0A}{0.04} = \mathbf{15625\ A}$$

Teniendo en cuenta la corriente de cortocircuito del secundario, la protección instalada en el grupo de medida indirecta debe tener una corriente de cortocircuito mínima de 20kA.

7. ANALISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO

Dados los niveles de tensión normalizadas en las redes eléctricas manejadas por el O.R, CENS S.A en el municipio de Tibú, para el proyecto en estudio, utilizaríamos en el lado de alimentación por media tensión,

13.2KV, y luego mediante un transformador de potencia bajaríamos de 13.200V. a 208/120 V., estos últimos voltajes (208/120 V.) serían para alimentar las cargas requeridas en baja tensión en el proyecto Bomba de Suministro Agua Potable.

El transformador a instalar es de 225 KVA, refrigerado en aceite, conexión DYn5, 60 Hz, 13.200V./208-120 V.

8. CALCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS

No aplica, ya que estos cálculos de campos electromagnéticos solo se deben desarrollar para los diseños de líneas o subestación de tensión superior a 57.5 KV, de acuerdo con lo establecido por el RETIE en el Libro 3, artículo 3.3.3.2.

9. CALCULO DE TRANSFORMADOR

Teniendo en cuenta el cuadro de cargas indicado en el numeral 4 de la presente memoria de cálculo, se tendría los siguientes datos:

Carga Instalada: 179.0 kVA
Factor de demanda: 100%
Carga demandada: 179.0 kVA

De acuerdo con la carga demandada (179.0kVA), se selecciona un transformador de 225kVA.

10. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

De acuerdo con el Título 12 del Libro 3 del RETIE, se debe dar cumplimiento al capitulo 3.12.1, literal c, d, para el cual se instalará una varilla de puesta a tierra con caja de inspección de 30x30x30cm, y se realizará tratamiento del suelo, garantizando que la puesta a tierra cumpla con los valores de resistencia, establecidos en el capitulo 3.12.3 y Tabla 3.12.3.a., para punto neutro de acometida en baja tensión.

Para la puesta a tierra del transformador a instalar se tuvo en cuenta el siguiente calculo:

10.1. ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO

OBJETIVO

Realizar la medición de la resistividad del terreno, donde se desarrollará la construcción de la subestación, la cual alimentará el proyecto Bomba de Suministro de Agua Potable, ubicado en el municipio de Tibú-Norte de Santander, este informe será la base para poder realizar el cálculo y diseño del sistema de puesta a tierra.

METODOLOGIA

La medición de la resistividad del terreno, cuyos datos se utilizan para el cálculo y diseño de la puesta a tierra, está basada en el método de Wenner. Por lo cual se toma como guía para la medición y el análisis, el Libro SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA de la Universidad Nacional de Colombia Autores José Samuel Ramírez C. y Eduardo Antonio Cano Plata Ingenieros Electricistas. El estudio de resistividad fue desarrollado por la firma INGEOMAD, y nosotros solo estamos presentando los resultados recibidos de parte de ellos.

INFORMACIÓN A TENER ENCUENTA AL REALIZAR LA MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD

Es muy importante asegurar que el sistema de puesta a tierra, nos aporte una baja resistencia de puesta a tierra, menor a los 10Ω (teniendo en cuenta los Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra Tomados de la Tabla 25 del RETIE), por lo cual para poder garantizar, esta resistencia, como un control en las componentes de alta y baja frecuencia, el área de contacto del sistema de puesta a tierra con la tierra, debe ser lo más extensa posible, ejemplo usar láminas, flejes, etc., pero debemos entender las restricciones físicas y económicas de la misma, es poco práctico instalar una placa de cobre como sistema de puesta a tierra, de este modo se utilizaran mallas, electrodos y materiales hidroscopios, que nos ayudaran a cubrir una gran superficie de contacto y de esta forma obtener una resistencia muy baja y siempre cumpliendo con las tensiones máximas contacto y de paso permitidas, es decir que las tensiones de paso y de contacto sean menores a las permisibles. Como características típicas de una malla de puesta a tierra encontramos.

• Los espaciamientos típicos entre conductores (D) están en el rango:
15m > D > 1m
• Las profundidades típicas (h) están en el rango:
1.5m > h ≥ 0.5 m
• Los calibres típicos de conductores (ACM) están en el rango:
500 MCM > ACM≥ 2/0 AWG
• El diámetro del conductor de la malla tiene un efecto despreciable sobre la tensión de malla.
• El área del sistema de puesta a tierra (A) es el factor más importante en la determinación de la resistencia general de la malla (Rg). Entre mayor sea A, menor será Rg y por lo tanto, es menor la elevación del potencial de tierra (GPR).

RESISTIVIDAD DE LA CAPA SUPERFICIAL

Una capa de alta resistividad sobre la superficie ayuda a limitar la corriente que pasaría por el cuerpo humano, ya que esta capa agrega una resistencia a la resistencia promedio del cuerpo. Una capa superficial con un espesor (hS) entre 0.15m ≥ hS ≥ 0.1m de un material de alta resistividad como la grava o la roca volcánica triturada, colocada sobre la superficie más arriba de la malla, incrementa la resistencia de contacto entre el suelo y los pies de las personas en la subestación y la corriente por el cuerpo bajará considerablemente. La reducción depende de los valores relativos de las resistividades del suelo en contacto con la malla, y del espesor y material de la capa superficial.

La capa superficial también es útil para retardar la evaporación de la humedad, y así limitar el secado de las capas superiores durante los períodos de verano. Esta capa tiene una resistividad del orden de 5000 Ω-m > ρS > 2000 Ω-m. Una capa con un espesor entre 0.1m y 0.15m, disminuye el factor de riesgo (relación entre la corriente del cuerpo y la corriente de cortocircuito) a una relación 10:1 comparado con la humedad natural de la tierra.

Se introduce aquí el factor de disminución de la capa superficial (CS), que puede ser considerado como un factor de corrección para calcular la resistencia efectiva del pie de una persona en presencia de un material superficial de espesor finito. La norma expone un procedimiento matemático y presenta unas gráficas para encontrar el valor de CS; sin embargo, también presenta una expresión empírica para el valor de CS, Este valor está dentro del 5% de los valores obtenidos con un método más analítico.

$$C_s = 1 - \frac{0.09\left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2h_s + 0.09}$$

Donde:

C_s = Factor de disminucion de la capa superficial

ρ = Resistividad del terreno (Ωm)

ρ_s= resistividad de la capa superficial (Ωm)

h_s=Espesor de la capa superficial

La norma también define el factor de reflexión entre las resistividades de materiales diferentes como:

$$K = \frac{\rho - \rho_S}{\rho + \rho_S}$$

MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD

Los estimativos basados en la clasificación del suelo ofrecen sólo una aproximación de la resistividad; por tanto, las pruebas reales son imperativas. Éstas deben hacerse en muchos lugares dentro del área de la subestación. Rara vez se encuentran sitios de la subestación donde la resistividad sea uniforme en toda el área completa y a profundidades considerables. Típicamente existen varias capas y cada una tiene una resistividad diferente. Con frecuencia ocurren cambios laterales, y en comparación con los verticales esos cambios son más grandes. Las pruebas de resistividad del suelo deben hacerse para determinar si existen variaciones importantes de la resistividad con la profundidad.

El número de medidas tomadas debe ser más grande donde las variaciones son mayores, especialmente si algunas lecturas son tan altas como para sugerir un posible problema de seguridad. Si la resistividad varía apreciablemente con la profundidad, es deseable usar un rango incrementado de espaciamientos de prueba para obtener un estimativo de la resistividad de capas más profundas.

El método de Wenner o de los cuatro electrodos, mostrado en la Figura 3, es la técnica más comúnmente usada.

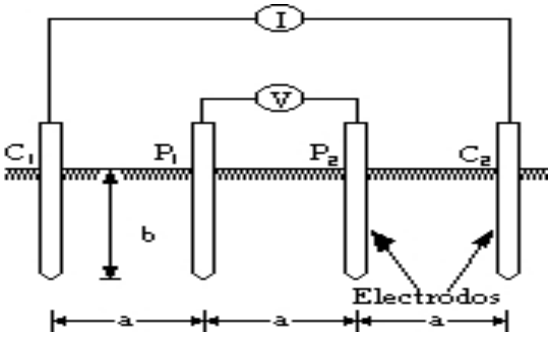


Figura 3.

Los cuatro electrodos son clavados en la tierra en línea recta a una profundidad "b", separados a una distancia "a". La tensión entre los dos terminales interiores (o de potencial) es luego medido y dividido por la corriente entre los dos terminales exteriores (o de corriente) para dar el valor de la resistencia R, que aparece indicada en el telurómetro. Luego se aplica la siguiente fórmula:

$$\rho_a = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Donde:
ρ_a = Resistividad aparente del suelo (Ωm)
R = Resistencia medida en (Ω)
a = Distancia entre electrodos adyacentes (m)
b = Profundida de los electrodos en metros
si b << a, como es el caso más común:

$$\rho_a = 2\pi a R$$

Las ecuaciones anteriores se pueden usar para determinar la resistividad aparente ρ_a a una **profundidad a.**

Debido a que no hay una definición de los Tipos de suelos no se puede dar un valor exacto de la resistencia a un suelo determinado sin embargo se han podido recopilar algunos valores que están consignados en la siguiente tabla, que en condiciones normales de humedad pueden servir de referencia:

Tipo de suelo	Resistividad (ohmios/metro)
Lama	5 a 100
Humus	10 a 150
Arcillas	80 a 330
Tierra de jardín	140 a 480
Caliza fisurada	500 a 1000
Caliza compacta	1000 a 5000
Granito	1500 a 10000
Arena común	3000 a 8000

INTERPRETACIÓN DE LAS MEDIDAS DE RESISTIVIDAD DEL SUELO

El objetivo fundamental de las mediciones es encontrar un modelo de suelo que ofrezca una buena aproximación del suelo real. La resistividad varía lateralmente y con respecto a la profundidad, dependiendo de la estratificación del terreno. Las condiciones climáticas influyen en la resistividad medida, razón por la cual, dichas mediciones deben realizarse, en lo posible, en época de verano prolongado para obtener la resistividad más alta y desfavorable.

Los modelos más comúnmente usados para la resistividad del suelo son:

a) Modelo de suelo uniforme:
Usado sólo cuando existe una variación moderada de la resistividad aparente. En condiciones de suelo homogéneo, que raramente ocurren en la práctica, el modelo de suelo uniforme puede ser razonablemente exacto.

b) Modelo de suelo de dos capas:
Es una representación muy exacta de las condiciones reales del suelo, y consiste en una capa superior de profundidad finita y con resistividad diferente a la de la capa más baja de espesor infinito.

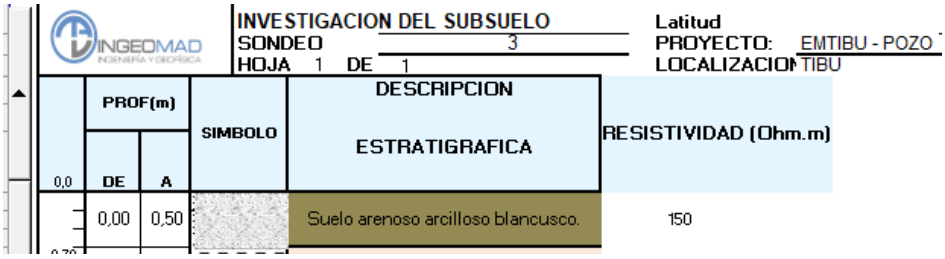
c) Modelo de suelo múltiplicapa:
Usado cuando la condiciones del suelo son más complejas.

RESULTADOS DE LA MEDICIÓN









INGEOMAD INGENIERIA Y GEOFISICA

INVESTIGACION DEL SUBSUELO — Latitud
SONDEO 3
HOJA 1 DE 1
PROYECTO: EMTIBU - POZO
LOCALIZACION TIBU

PROF(m)		SIMBOLO	DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA	RESISTIVIDAD (Ohm.m)
0,0 DE	A			
0,00	0,50		Suelo arenoso arcilloso blancusco.	150

BIBLIOGRAFIA

- ✓ Sistemas de Puesta a Tierra Diseñado con IEEE 80 y evaluado con MEF, José Samuel Ramírez Castaño y Eduardo Antonio Cano Plata.
- ✓ IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, Substation Committee

10.2. DISEÑO DE PUESTA A TIERRA

OBJETIVO

De acuerdo a lo establecido en Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, toda instalación eléctrica cubierta en dicho Reglamento, debe disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), de tal forma que cualquier punto accesible a personas que puedan transitar o permanecer allí, no estén sometidos a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla, teniendo como criterio fundamental la máxima energía eléctrica que pueden soportar y no el valor de puesta a tierra tomado aisladamente. Sin embargo, un bajo valor de resistencia de puesta a tierra es siempre deseable para disminuir la máxima elevación de potencial de tierra.

METODOLOGIA

La realización del diseño de la malla de puesta a tierra, está basada en la metodología IEEE80-2000. Tomando como guía para el diseño el Libro SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA de la Universidad Nacional de Colombia Autores Ing. José Samuel Ramírez C. y Eduardo Antonio Cano Plata Ingenieros Electricistas.

CALCULO DE TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO

El cálculo de corrientes de cortocircuito en los transformadores por el lado de media tensión (M.T.- 13200 V) y en el lado de baja tensión (B.T. – 208 V), indica la corriente que va a ser inyectada al terreno en caso de una falla a tierra, de esta forma se puede realizar el cálculo de las tensiones de paso y contacto que tendremos presentes, en el evento de una falla. Una vez determinados estos datos procedemos a calcular la malla a tierra de modo que las corrientes presentes en las subestaciones en el evento de una falla sean inferiores a las soportadas por el cuerpo Humano.

Corriente de Falla a Tierra de circuito de alimentación en Nivel II (13.2 KV): Los datos que suministra CENS S.A. ESP son para indicar el circuito de donde debe alimentarse el proyecto de la referencia, el cual se debe verificar con la empresa de energía eléctrica en el momento de presentar el proyecto para la respectiva aprobación, y cuya **"CORRIENTE DE FALLA ASIMETRICA MONOFASICA A TIERRA SE ASUMINIÓ EN 822AMP".** El dato de la corriente de falla asimétrica es indispensable para el cálculo de las tensiones de paso y de contacto de la malla de puesta a tierra a diseñar**.**

CALCULO Y DISEÑO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA

A continuación se indica de forma explicita los datos que se deben ingresar al programa, para el diseño de la malla de puesta a tierra:

VALORES DE INGRESO AL PROGRAMA	
Resistividad promedio que se debe alcanzar con tratamiento al suelo	60Ωm
Capa supeficial	3000 Ωm
Espesor de la capa superficial	0.2 m
Profundidad de enterramiento	0.6 m
Tiempo de despeje	150 ms
Corriente de falla monofasica asimetrica en M.T.	822 A
Corriente de falla monofasica asimetrica en M.T. al 60%	493.2 A
Cantidad de varillas	4
Longitud de la varilla	2.4 m
Grosor de la varilla	5/8”
Ancho de la malla	5.0 m
Longitud de la Malla	5.0 m
Interdistancias	2.5 m

Partiendo de los datos que acabamos de indicar, el procedimiento de calculo de la malla de puesta a tierra, es el siguiente:

10.2.1. TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO PERMISIBLES

Las siguientes formulas son para cuando el suelo es homogéneo, pero para este proyecto no aplica:

1.1. Tensión de paso para suelo homogeneo

Es la diferencia de potencial entre dos puntos de un terreno que pueden ser tocados simultáneamente por una persona; su valor permisible esta dado por:

$$Ep = \frac{165 + \rho s}{\sqrt{t}}$$

Donde:

Ep = Tensión de Paso Permisible en voltios.
ρs = Resistividad de la superficie del terreno en (Ω-m)
t = Duración máxima de la falla en segundos.

1.2. Tensión de contacto para suelo homogeneo

Es la diferencia de potencial entre un punto en la superficie del terreno y cualquier otro punto que se pueda ser tocado simultáneamente por una persona; su valor permisible está dado por:

$$Et = \frac{165 + 0.25\rho s}{\sqrt{t}}$$

Et = Tensión de contacto permisible en voltios.

Las siguientes formulas son para cuando el suelo es de dos capas, y es el caso que aplica a este proyecto:

1.3. Tensión de paso para suelo de dos capas

En vista de que la subestación queda sobre una placa de concreto, la capa superficial se estima de 3000 Ω-m, y con este dato se desarrolla la siguiente fórmula:

$$Ep_{50} = (1000 + 6C_s\rho_s) * \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

Donde:

$R_B = 1000\Omega \rightarrow$ Resistencia promedio del cuerpo humano.
$I_B = \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$ = Corriente tolerable en función del tiempo por el cuerpo (A).
T_S = Duración del choque en (Seg) = 0.15 seg. De acuerdo a lo establecido por Codensa S.A. ESP
$6C_B\rho_s = 2R_f$ = Resistencia a tierra de los dos pies separados 1m en serie sobre la capa superficial
$R_B = \rho/4b$ resistencia a tierra de un disco metálico de radio b (b=0.08m) sobre la superficie de una malla homogénea de resistividad ρ
$C_B =$ Factor de disminución de la capa superficial.
$\rho_s =$ Resistividad del material de la capa superficial $(3000\ \Omega m)$

1.4. Tensión de contacto para suelo de dos capas

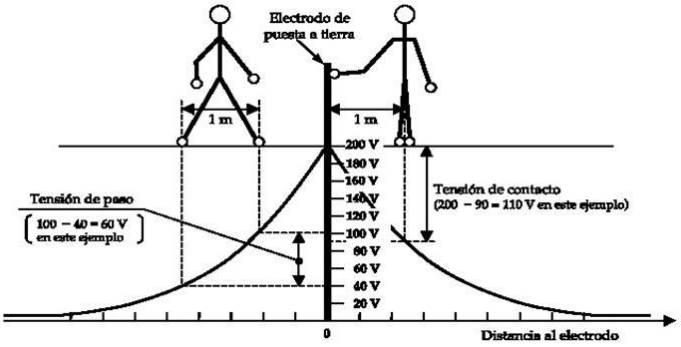
En vista de que la subestación queda sobre una placa de concreto, la capa superficial se estima de 3000 Ω-m, y con este dato se desarrolla la siguiente fórmula:

$$Et_{50} = (1000 + 1.5C_s\rho_s) * \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

Donde:

Rb= 1000 Ω Resistencia promedio del cuerpo humano
Ts = Duración del choque (seg) = 0.15 seg. De acuerdo a lo establecido por Codensa S.A. ESP
Cs = Factor de disminución de la capa superficial
Ps = Resistividad del material de la capa superficial (3000 Ω-m)

$R_B = 1000\Omega \rightarrow$ Resistencia promedio del cuerpo humano.
$I_B = \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$ = Corriente tolerable en función del tiempo por el cuerpo (A).
T_S = Duración del choque en (Seg) = 0.15 seg. De acuerdo a lo establecido por Codensa S.A. ESP
$1.5C_B\rho_s = \frac{R_f}{2}$= Resistencia a tierra de los dos pies juntos en serie sobre la capa superficial
$R_B = \rho/4b$ resistencia a tierra de un disco metálico de radio b (b=0.08m) sobre la superficie de una malla homogénea de resistividad ρ
$C_B =$ Factor de disminución de la capa superficial.
$\rho_s =$ Resistividad del material de la capa superficial $(3000\ \Omega m)$



10.2.2. DISEÑO DE MALLA A TIERRA

El diseño de una malla a tierra está afectado por las siguientes variables:

- Tensión Permisible de Paso.
- Tensión Permisible de contacto.
- Configuración de la malla.
- Resistividad del terreno
- Tiempo máximo de despeje de la falla.
- Conductor de la malla.
- Profundidad de instalación de la malla.

1.5. <u>Selección del conductor de la Malla</u>

Para calcular la sección del conductor se aplica la siguiente ecuación:

$$Ac = I\left(\frac{33t}{\log\left(\frac{Tm - Ta}{234 + Ta} + 1\right)}\right)^{1/2}$$

En donde:

Ac = Sección del conductor (CM).
I = Corriente máxima de falla (Amp.)
Tm = Temperatura máxima en los nodos de la malla (450°C con soldadura y 250°C con amarre pernado.)

Ta = Temperatura ambiente (°C).
t = Tiempo máximo de despeje de la falla (seg).

Sin embargo, la sección mínima recomendable es 2/0 AWG para la malla y 5/8" para las varillas, estos valores mínimos están de acuerdo con prácticas internacionales.

1.6. Tensiones Reales de Paso y de contacto

La tensión de paso real en una subestación está dada por:

$$E_p = k_i k_s \frac{\rho I}{\mathrm{L}}$$

En donde:

Ep = Tensión de paso real en voltios.
ks = Coeficiente que tiene en cuenta, la influencia combinada de la profundidad y del espaciamiento de la malla.
ki = Coeficiente de irregularidad del terreno.
ρ = Resistividad del suelo (Ω-m)
I = Corriente máxima de falla (Amp)
L = Longitud total del conductor (m)

La tensión de contacto real está dado por:

$$E_t = k_i k_m \frac{\rho I}{\mathrm{L}}$$

Donde:

Et = Tensión de contacto en voltios.
k m = Coeficiente que tiene en cuenta las características geométricas de la malla.

1.7. Determinación de los coeficientes km, ki y ks.

Para la determinación de los coeficientes es necesario tener en cuenta las siguientes definiciones:

A= Longitud de la malla (m).
B= Ancho de la malla(m).
L= Longitud total del conductor (m).
n= Número de conductores en paralelo de longitud A
m= Número de conductores en paralelo de longitud B.
D= Espaciamiento entre conductores (m).
h= Profundidad de enterramiento (m).
d= Diámetro del conductor(m)

La longitud total del conductor está dada por

L= n*A +m*B

$$k_m = \frac{1}{2\pi} ln\left[\frac{D^2}{16hd}\right] + \frac{1}{\pi} ln\left[\frac{3}{4}.\frac{5}{6}.\frac{7}{8}...\right]$$

n – 2 términos

$$k_i = 0.65 + 172n$$

n ≤ 7

$$k_i = 2$$

n ≥ 7

$$k_s = \frac{1}{\pi}\left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D}...\right]$$

1.8. Método de Laurent y Niemann

Este método es bastante aproximado y la expresión para el cálculo es:

$$R = 0.443\rho\left[\frac{1}{\sqrt{A\gamma}} + \frac{1}{L}\right]$$

Donde:

R = Resistencia en ohmios.
A_γ= Área de la malla de puesta a tierra en m²
ρ = Resistividad del suelo (Ω-m)
L = Longitud total del conductor (m).

La ecuación es una aproximación y su resultado siempre es mayor que el valor real.

1.9. Método de Dwight

Este método es mucho más largo pero es mucho más exacto que el anterior. El primer paso consiste en hallar la resistencia de un conductor de la malla.

$$R_s = \frac{\rho}{2\pi L'}\left[\ln\left(\frac{2L'}{r}\right) + \ln\left(\frac{L'}{h}\right) + \frac{2h}{L'} - \frac{h^2}{(L')^2} - 2\right]$$

Donde:

R_s = Resistencia de puesta a tierra de un solo conductor en Ω
ρ = Resistividad en (Ω-m)
L´ = Longitud del conductor (m)
h = Profundidad de enterramiento del conductor (m)
r = Radio del conductor en m.

Una vez calculada esta resistencia, se procede al cálculo de las resistencias debidas a las interferencias mutuas entre los conductores, tal resistencia es:

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi L'}\left[\ln\left(\frac{4L'}{E}\right) + \ln\left(\frac{E}{2L}\right)\frac{E^2}{16(L')^2} - 1\right]$$

Donde:

R_a = Resistencia mutua en Ω
E = Espaciamiento equivalente entre un conductor y los demás en m.

La resistencia total de un conductor es:

$$R_c = R_s + (n-1)R_a$$

La resistencia de n conductores es:

$$R_{cn} = \frac{R_c}{n}$$

También en forma análoga se determina la resistencia de los conductores transversales de unión.

La resistencia "mutua" de los componentes de unión incluyendo la interferencia debida a los conductores transversales a los cuales se encuentran unidos es:

$$R_{am} = (m-1)R_{au} + (n-1)R_a$$

$R_{au} =$ Resistencia mutua de conductores de unión (Ω)

La resistencia total de un solo conductor de unión es:

$$R_{cu} = R_{su} + R_{am}$$

$R_{su} =$ Resistencia de un solo conductor de unión (Ω)

La resistencia de los *m* conductores es:

$$R_{cm} = \frac{R_{cu}}{m}$$

La resistencia total de la malla está dada por:

$$R = \frac{R_{cn} * R_{cm}}{R_{cn} + R_{cm}}$$

10.2.3. CÁLCULO DEL NÚMERO DE VARILLAS DE PUESTAS A TIERRA VERTICALES.

El uso de varillas de tierra como único medio de puesta a tierra en una subestación, no es recomendable, ya que con estas no se logra una superficie equipotencial, y por lo tanto las tensiones de paso y de contacto toman valores peligrosos.

Cálculo de la resistencia de una varilla

La resistencia de una varilla enterrada a una profundidad comprendida entre 0.5 y 1.0m, se calcula por:

$$R_v = \frac{\rho}{2\pi L}\left[\ln\left(\frac{4L}{r}\right) - 1\right]$$

Donde:

R_v = Resistencia de una varilla en Ω
ρ = Resistividad del terreno (Ω-m)
L = Longitud de la varilla (m)
r = radio de la varilla en m

Número Mínimo de Varillas:

Datos de laboratorio muestran que existe un límite en el número de varillas en paralelo, pues su efectividad decrece cuando su número aumenta. Estos resultados se deben al siguiente fenómeno: cuando el número de varillas aumenta en determinada área, el espacio entre electrodos decrece. Los cilindros frontera de las varillas, los cuales determinan la resistencia de tierra, tienden a entrecruzarse, reduciendo así la efectividad individual de cada varilla. Manejar demasiadas varillas en un espacio muy estrecho resulta muy costoso y no reduce significativamente la resistencia.

Para determinar el número aproximado de varillas requeridas en un área dada de una subestación, se deben seguir los siguientes pasos.

- Calcule la resistencia de una varilla.
- Halle la conductividad de esa varilla.
- Determine la resistencia deseada del aterrizamiento.
- Halle la conductividad de la resistencia anterior.
- Calcule la siguiente razón:

Conductividad deseada / conductividad de cada varilla

- Determine el área de la subestación.
- Halle el número de varillas deseadas.

RESULTADOS DEL CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA

DATOS OBTENIDOS DEL PROGRAMA	
Maxima Tension de Paso permitida o permisible	4720.29 V
Maxima Tension de contacto permitida o permisible	1404.71 V
Tiempo de despeje de la falla	150 mS
Resistividad promedio	60Ωм
Resistividad superficial	3000 Ωm
Factor de disminución Capa Superficial (Cs)	0.960784
Tension de paso Real o Calculada	351.39 V
Tension de Contacto Real o calculada	487.13 V
Resistencia de la malla (Rg)	4.87 Ω

Tomas de registros de	
Interdistancia electrodos a(m)	ρ (Ω–m)
1,00	
2,00	
4,00	
Promedio	60,00

# de tomas	0	Capa superficial		Calculos para un peso promedio de 50kg	
Long Varilla	2,44	Resistividad =	3000	Cs	actor de disminucion de la capa superfici
Diam Varilla	0,015875	Espesor=	0,2	0,82	
# Varillas n	4			K	Factor de reflexion
				-0,960784	
				Rf	
				7380	

TAMAÑO MALLA	
A =	5
B =	5

Tensiones permisibles				
E_t	E_P	$\sqrt{t}$	ρ	t
1.404,71	4.720,29	0,39	60,00	0,150

Tensiones Reales					PARAMETROS											
E_t	E_P	$\sqrt{t}$	ρ	t	CCC Maxima (I)	60%.I	Lr(m)	LM(m)	LS(m)	ki	km	ks	n	m	d	D	h
487,13	351,39	0,39	60,00	0,150	822,00	493,20	9,76	39,76	30,80	1,09	0,602	0,34	3	3	0,0159	2,5	0,60

Resistencia de tierra de la malla del SPT							
Ln(2L/Raiz(dh))	Raiz(A)	K1	K2	A(m2)	π/p	Raiz(dch)	R1 (Ω)
6,42	5,00	1,15	4,78	25,00	19,098549	0,10	5,44

Resistencia de las varillas de tierra del SPT, Resistencia mutua y Resistencia general						
No de Varillas	ø Varilla	Raiz(n)	(√n-1)2	R2 (Ω)	Rm (Ω)	Rg (Ω)
4	0,015875	2,00	1,00	6,10	4,02	4,87

De acuerdo con los anteriores resultados se puede observar que las tensiones de paso y de toque reales están por debajo de las tensiones de paso y toque permisibles, por lo cual se está cumpliendo con las normas.

$$Tensión\ de\ Toque: 487.13 < 1404.71$$
$$Tensión\ de\ Paso: 351.39 < 4720.29$$

La resistencia de la malla de puesta a tierra calculada es de **4.87 Ω**, condición que se considera adecuada y es inferior al valor recomendado por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) Libro 3, Título 12, Articulo 3.12.3 "Valores de resistencia de puesta a tierra". En la siguiente tabla se presentan los valores de referencia para resistencia de puesta a tierra recomendados por el RETIE.

Tabla 3.12.3. a. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Fuente: Adaptada de las normas ANSI/IEEE 80, NTC 2050 Segunda Actualización y NTC 4552-1.

11. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA TODOS LOS FACTORES DE PÉRDIDAS, LAS CARGAS RESULTANTES Y LOS COSTOS DE LA ENERGÍA.

Se presentará el cálculo para la acometida principal desde el Transformador hasta el el grupo de medida Indirecta.

Para la acometida de baja tensión se puede utilizar cable de a THW, de acuerdo a la carga esperada para la acometida, esta acometida es de 3(3x350+350+1/0T), o también puede ser en aluminio THHN/THWN en 3(3#400+400+2/0T); pero para dar un ejemplo de la selección económica de los conductores vamos a basarnos en la acometida en **3(3x400+400+2/0T) Al,** ya que es sobre la cual tengo precios de referencia.

A continuación, se presenta el análisis económico del conductor seleccionado técnicamente:

- Se hará un costo de pérdidas a lo largo de 15 años de operación del cable.
- Se analizará el costo inicial del conductor.
- Se hará una comparación de la inversión inicial y las pérdidas de energía.

El conductor seleccionado para la acometida es 1#4/0 MCM Al por fase a continuación se presenta las pérdidas que va a tener la acometida:

Tramo	Conductor	Resistencia	Carga kVA	Long. (m)	Perdidas (W)	Tensión de Servicio	I MAX Amperios
Trafo-Medidor	4#400 Al Por fase	0,053237	250	10	277.32	208/120V.	693.7

Comentado [cs3]: 150?

Comentado [AD4R3]: corregido

Las pérdidas serán de 346,97 W

El precio de energía para un edificio de servicio comercial para el 22 de noviembre de 2025 fue de 985.74 pesos colombianos kW/Hora según tarifas de energía reguladas por la CREG, este precio se va a utilizar para sacar el costo a 15 años del cable instalado. El precio se deja fijo a lo largo de los 15 años ya que es

muy difícil poder pronosticar cuanto aumentará o disminuirá este precio por variables como generación, transmisión, distribución y comercialización.

Las pérdidas en kW dan 0.347 kW y su precio a quince años es:

$$Precio\ a\ 15\ años = perdidas * precio\ de\ energia * horas\ de\ 15\ años$$

$$Precio\ a\ 15\ años = 0.347kW * \frac{\$985.74KW}{1H} * 131400h = \$35.878.767$$

Es decir que el costo por pérdidas del cable es de $35.878.767 pesos colombianos.

Aclarando que este es un costo a consumo total y pleno durante los 15 años.

El cable 400 Aluminio tiene un costo por metro de instalación alrededor de $48.548 pesos colombianos, como la acometida tiene tres (3) conductores por fase y tiene 10 metros de longitud la acometida tenemos que el costo inicial es:

$$Costo\ inicial\ (\$) = precio\ del\ conductor * longitud * numero\ de\ conductores\ por\ fase * numero\ de\ fases$$

$$Costo\ inicial\ (\$) = \$48.548 * 10m * 3 * 3 = \$4.369.320$$

El costo inicial del cable es de $4.369.320 pesos colombianos.

Lo que da que el costo total del cable a lo largo de los 15 años es de:

$$costo\ total = costo\ de\ perdidas + costo\ inicial = \$35.878.767 + \$4.369.320 = \$40.248.087$$

Es decir que tendrá un costo mensual de $223.600 pesos a lo largo de 15 años.

Si se decidiera utilizar cables de cobre se disminuiría el calibre de conductores por fase lo cual implica un mayor costo inicial al ser conductor de cobre, a pesar de que para maniobrar sería mucho más fácil para poder instalar una acometida de esta forma en un interruptor automático.

Por ejemplo, si se decide enviar la acometida en cobre el calibre a utilizar seria 350 esta debe ser de tres (3) conductores por fase. El costo de instalación de un metro de cable 350 Cobre es de 109.631 pesos, lo cual da:

$$costo\ inicial = precio\ del\ conductor * longitud * numero\ de\ conductores\ por\ fase * numero\ de\ fases$$

$$costo\ inicial = \$109.631 * 10m * 3 * 3 = \$9.866.790$$

A continuación, se presenta el análisis del costo total de esta acometida:

Ítem	Valor	unidad
Perdidas	192.87 W	W
Precio kW/h	$ 985.74	$
costo de pérdidas a 15 años	$24.869.037	$

costo inicial	$ 9.866.790	$
costo total	$34.735.827	$
número de conductores por fase	3	un
longitud de acometida	10	m
Precio de cable/metro	$ 109.631	$/m

El valor mensual de esta acometida a lo largo de los 15 años es de $192.976.

Como se observa en la tabla anterior al cambiar de conductor de aluminio a cobre el costo es mayor a lo largo de los 15 años ya que el costo de pérdidas por efecto Joule en el aluminio es menor, adicionalmente, el costo inicial en la acometida en aluminio es menor con respecto a la acometida en cobre, por lo cual el constructor tomo la decisión de que la mejor acometida es la de aluminio 3(3x400+400+2/0T), ya que presenta más facilidad para las conexiones el cobre al ser de menor diámetro.

12. ESPECIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR

DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES EN MEDIA TENSIÓN

La corriente nominal del alimentador del transformador en el lado de media tensión es:

I= S/(√(3 x) V)= 225KVA/(√3 x 13.2KV)=9.84A

Para esta corriente el alimentador seleccionado es de 3x1/0 ACSR.

DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES EN BAJA TENSIÓN

Carga Instalada: 179.0 kVA
Factor de demanda: 100%
Carga demandada: 179.0 kVA
Protección 3x700A.

La acometida que se ajusta según la protección escogida es de: 3(3x400+400+2/0T) Al., la cual cumple la capacidad de transporte de corriente según Tabla 310.15 (B) de la NTC 2050 Segunda Actualización.

13. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN Y SOPORTE DE REDES DE TRANSMISIÓN, DE DISTRIBUCIÓN, SUBESTACIONES Y CENTRALES DE GENERACIÓN

La estructura que se instalará para la red de media tensión aérea y el soporte del transformador refrigerado en aceite de 250kVA, serán dos postes en concreto de 12m de altura, con carga de ruptura de 1050Kgf, de acuerdo a lo indicado en la norma RA2-026 de EPM, conformando una estructura en H.

Comentado [cs5]: 150?

Comentado [AD6R5]: corregido

14. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES

COORDINACION DE PROTECCIONES
PROYECTO: BOMBA SUMINISTRO AGUA POTABLE

Transformador	:	225,0	KVA
Impedancia según protocolo	:	0,040	
Tensión de salida		208	

	Corriente Amp.		
	Tensión 208V.		**Tensión 13,2V.**
Corriente nominal	625,0		9,84
Uz	0,040		0,040
Máxima corriente de corto circuuito	15625,00		246,04
Marca de las protecciones	Legrand		DUAL
Curva de protección	DPX 700A		Luhfser
Amperios Nominales	150,0		2,1
Relación Icc/I.Nom. Protección	104,17		117,16
Tiempo de disparo (milisegundos)	8,4		70
Ver indicación gráfica en las curvas			

Datos de la curva Codensa de Coordinación de Protecciones				
		Curva Fase (13,2KV.)		
Factibilidad	Circuito	Icc (A)		Tiempo (ms)
0	0	246,04		>10000

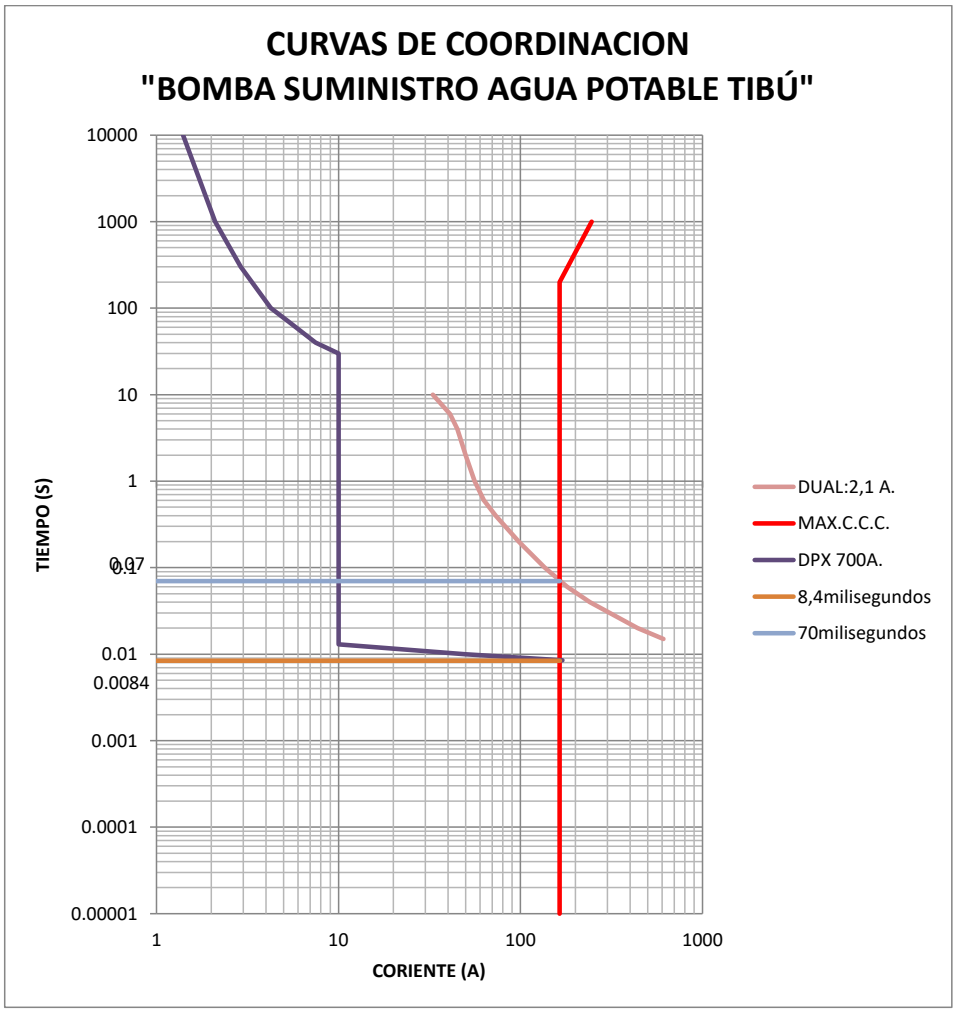
De acuerdo con lo anterior :

Protecciones		**Tiempo de Disparo (milisegundos)**
Curva Codensa de fase del circuito		>10000
Fusible tipo	DUAL 2,1A	70
Breaker Legrand	DPX700A	8,4
Breaker Legrand		

0

De acuerdo con lo anterior, se está cumpliendo la coordinación de protecciones con respecto al Circuito y secuencialmente primero opera la protección en 208 V., después la de 13,2KV.de tal forma que nunca alcanzaran a cruzar con el disparo del circuito (Tiempo de disparo >32 ms.)

VT: Valores típicos que se han tomado como referencia por no disponer aún de los datos particulares y específicos.


CURVAS DE COORDINACION
"BOMBA SUMINISTRO AGUA POTABLE TIBÚ"
TIEMPO (S)
10000
1000
100
10
1
0.1
0.01
0.0084
0.001
0.0001
0.00001
1
10
100
1000
CORIENTE (A)
DUAL:2,1 A.
MAX.C.C.C.
DPX 700A.
8,4milisegundos
70milisegundos

Como se observa en la gráfica el DPX de 3x700 A. opera en un tiempo de 8.4 milisegundos en caso de tener un cortocircuito, pero en caso de que no operaran dichos DPX, ya fuese porque fallo el DPX, o porque el cortocircuito es antes del DPX, entraría a operar el fusible Dual en un tiempo de 70 milisegundos que lleve el cortocircuito en el sistema. De esta manera nunca operaran al mismo tiempo las dos protecciones, y se está cumpliendo con el tiempo mínimo exigido por el operador de red (32 milisegundos) entre la operación de las protecciones de baja tensión y la protección de media tensión, ya que la diferencia de tiempo de operación mínima es de 61.6 milisegundos.

15. CALCULO DE CANALIZACIONES

En media tensión no se utiliza ninguna canalización, ya que toda la red es aérea.

El libro NTC 2050 y las prácticas de ingeniería permiten ocupar hasta el 40% del área interior del ducto. El cálculo de ocupación de la ducteria está dado por la siguiente formula

- **PORCENTAJE DE OCUPACION DE DUCTOS DE REDES DE B.T.**

El cálculo de ocupación de la ducteria está dado por la siguiente formula

$$\%\ \text{de ocupación} = \frac{Sumatoria\ área\ circuito}{Area\ interior\ del\ ducto} * 100$$

Teniendo en cuenta que el conductor a instalar desde el transformador al Medidor, y del medidor al Tablero General, del proyecto Bomba Suministro Agua Potable se realizará en 3(3x400+400+2/0T) Al, y el ducto será 3 (tres) tubos IMC de 3", a continuación, les mostramos el cálculo de ocupación por tubo:

$$\%\ \text{de ocupación} = \frac{3x417.65+417.65+168.79mm2}{5114\ mm2} * 100 = 35.96\%$$

16. CALCULO PERDIDAS DE ENERGIA

Las pérdidas de línea se calculan mediante la expresión:

$$P = 3 * r * L * I^2\ (W)$$

En la que:

r = resistencia por km del conductor en ohmios, tomado de la tabla "CONSTANTES DE REGULACIÓN DE CABLES DE M.T. Y B.T." de Enel S.A. ESP.

L = longitud de la línea en km.

1 km = 1.000 m 1 km x D (m)
X = Distancia m = 1.000 m = …km

I = intensidad de la línea en amperios

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}xV} = \frac{\ldots\ldots V.A.}{\sqrt{3} \times 208\ V.} = \ldots\ldots\ldots A.$$

$$P(W) = 3 * \ldots\ldots \Omega Km * \ldots\ldots Km * \ldots\ldots A^2 = \cdots\ldots W$$

$$S(VA) = V * I = \frac{P}{COS\emptyset} = \frac{\ldots\ldots W}{0.98} = \cdots\ldots VA$$

$$\boldsymbol{P}(\%) = \frac{\ldots\ldots \boldsymbol{VA}}{\ldots\ldots \boldsymbol{VA}} * \mathbf{100}\% = \cdots\ldots\%$$

Tramo	Distancia	Demanda	Conductor	I.máx.	Resistencia por Km del conductor (ohm/km)	Perdidas (%)	
	metros	cálculo KVA	Calibre	Amperios		Parcial	Total
Transformador hasta Medidor	10	225,00	3#400 Al	625,00	0,053236667	0,283	0,283
Medidor hasta T-General Bomba Suministro Agua Potable	4	225,00	3#400 Al	625,00	0,053236667	0,113	0,396

17. CALCULO DE REGULACIÓN

Tramo	Distancia	Demanda	Momento	Conductor		Regulaci.	Regulaci.	I.máx.
	metros	cálculo KVA	KVA-m.	Calibre	K	Parcial%	Total%	Amperios
Transformador hasta Medidor	10	225,00	2250,00	3#400 Al	0,000158686	0,357	0,357	625,00
Medidor hasta T-General Bomba Suministro Agua Potable	4	225,00	900,00	3#400 Al	0,000158686	0,143	0,500	625,00

18. ÁREAS CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS

No aplica, ya que el proyecto es de tipo comercial, y no hay ningún tipo de espacio que requiera dicha clasificación.

19. DIAGRAMAS UNIFILARES

El plano con el respectivo diagrama unifilar del Bomba Suministro Agua Potable se anexa a la presente memoria de cálculo.

20. PLANOS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN

Los planos eléctricos para construcción del Transformador en Poste que alimenta la Bomba de Suministro de Agua Potable en el municipio de Tibú-Norte de Santander se anexan a la presente memoria de cálculo, en donde encontraran: diseño eléctrico para tomacorrientes, para iluminación y el respectivo esquema de conexión en planta y cortes del transformador en poste.

21. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS, INCLUYENDO LAS DE TIPO TÉCNICO DE EQUIPOS Y MATERIALES Y SUS CONDICIONES PARTICULARES

Se anexan las respectivas especificaciones técnicas de los componentes eléctricos que conforman el sistema eléctrico para el proyecto Bomba de Suministro de Agua Potable.

22. DISTANCIAS DE SEGURIDAD O SERVIDUMBRE REQUERIDAS

Teniendo en cuenta las distancias de seguridad establecidas en el RETIE, Libro 3 Titulo 10. Distancias de Seguridad, la red local Nivel I (13.2 kV) existente cumple con la distancia horizontal con respecto a fachadas existentes (2.3m) y verticales a zonas peatonales (5.6m).

Tabla 3.10.1. a. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
Descripción	**Tensión nominal entre fases (kV)**	**Distancia (m)**
Distancia vertical "**a**" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 3.10.1. a.).	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8
	<1	0,45
Distancia horizontal "**b**" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 3.10.1. a.)	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
	<1	1,7
Distancia vertical "**c**" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 3.10.1. a.)	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
	<1	3,5
Distancia vertical "**d**" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 3.10.1. a.) para vehículos de más de 2,45 m de altura.	115/110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
	<1	5

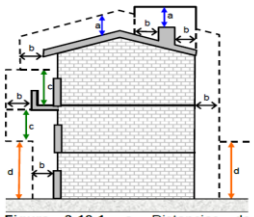


Figura 3.10.1. a. Distancias de seguridad en zonas con construcciones.

Fuente: Adaptada de la Resolución 90708 de 2013.

23. JUSTIFICACIÓN DE DESVIACIONES TÉCNICAS CUANDO SEA ESTRICTAMENTE NECESARIAS, SIEMPRE Y CUANDO NO COMPROMETA LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS O DE LA INSTALACIÓN

No aplica, ya que no existe ninguna desviación a la norma NTC 2050 en este proyecto en particular

24. LOS DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN, TALES COMO CONDICIONES SÍSMICAS, ACÚSTICAS, MECÁNICAS O TÉRMICAS

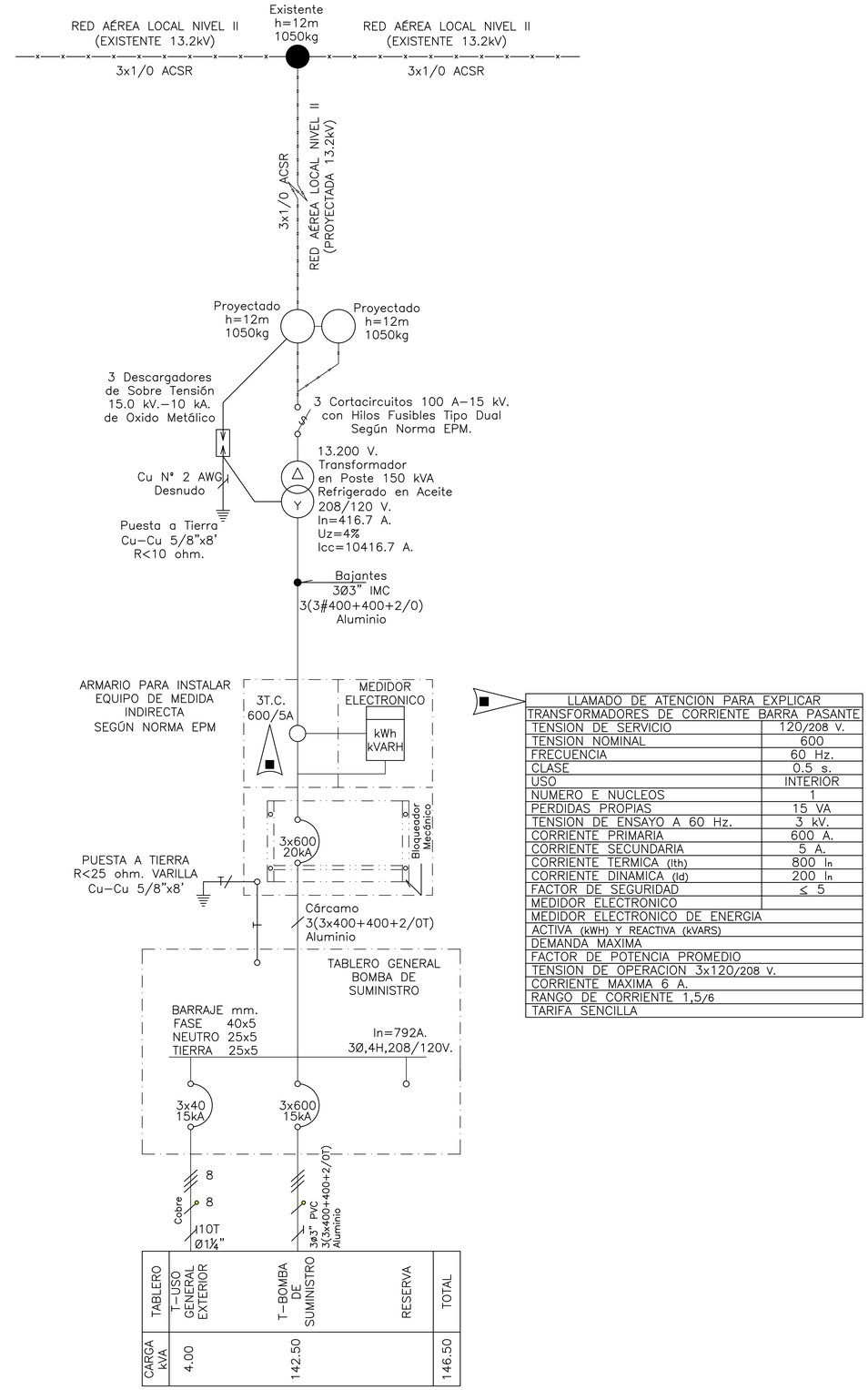
No aplica, ya que no existe ninguna bomba contra incendio dimensionado para el presente proyecto.

25. SELECCIÓN, CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALE

No aplica, ya que para el Proyecto Bomba de Suministro de Agua Potable no se tendrá contemplado ningún equipo de generación convencional o no convencional.

FABIAN GERARDO VARGAS ROJAS
Ingeniero Electricista
Matrícula No. 205 90583

DIAGRAMA UNIFILAR



LLAMADO DE ATENCION PARA EXPLICAR	
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE BARRA PASANTE	
TENSION DE SERVICIO	120/208 V.
TENSION NOMINAL	600
FRECUENCIA	60 Hz.
CLASE	0.5 s.
USO	INTERIOR
NUMERO E NUCLEOS	1
PERDIDAS PROPIAS	15 VA
TENSION DE ENSAYO A 60 Hz.	3 kV.
CORRIENTE PRIMARIA	600 A.
CORRIENTE SECUNDARIA	5 A.
CORRIENTE TERMICA (Ith)	800 In
CORRIENTE DINAMICA (Id)	200 In
FACTOR DE SEGURIDAD	≤ 5
MEDIDOR ELECTRONICO	
MEDIDOR ELECTRONICO DE ENERGIA	
ACTIVA (kWH) Y REACTIVA (kVARS)	
DEMANDA MAXIMA	
FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO	
TENSION DE OPERACION 3x120/208 v.	
CORRIENTE MAXIMA 6 A.	
RANGO DE CORRIENTE 1,5/6	
TARIFA SENCILLA	

FABIAN GERARDO VARGAS ROJAS
Ingeniero Electricista
Matrícula No. 205 90583

FECHA: 24-NOVIEMBRE-2025
NO. DE PLANO: E01 DE E02
ESCALA: SIN ESCALA

INGENIERO DISEÑADOR:
FABIAN G. VARGAS ROJAS
MATRICULA CN205-90583.

DELINEANTE:
.....

JF INGENIERIA ELECTRICA & CONSTRUCTORES NI, S.A.S.
JF INGENIERIA ELÉCTRICA & CONSTRUCTORES NI, S.A.S.
Cel: 313 853 7940/ 318 379 7485
Email: jf.ni25sas@gmail.com

CONVENSIONES GENERALES

CONDUIT - ALAMBRADO - TABLERO

TECHO Y MUROS / PISO	HDMI
TELEFONO	CONDUCTOR DE FASE
ANTENA TV Y/O CCTV	CONDUCTOR DE NEUTRO
CITOFONO	CONDUCTOR DE TIERRA
SONIDO	FASE INTERRUMPIDO
RED VOZ Y DATOS	TABLERO h.Inf.=1.2 AUTOMATICOS

ILUMINACIÓN E INTERRUPTORES

LUMINARIA LINEAL LED 45W	SENCILLO, DOBLE O TRIPLE
APLIQUE LED 12W	CONMUTABLE SENCILLO Y DOBLE
BALA LED 12W	CONMUTABLE SAIO SENCILLO Y MAS DOBLE
LUZ DE PENUMBRA	CON DETECTOR DE PRESENCIA
BALA HALOGENA	CAJA DE INTERRUPTORES
FAROL	SECADOR DE MANOS h=1.3
PUNTO DE DERIVACION	PULSADOR REMOTO
LAMPARA BATERIA DE EMERGENCIA EN TECHO	DETECTOR DE PRESENCIA EN TECHO
LAMPARA BATERIA DE EMERGENCIA EN MURO	VENTILADOR EN TECHO

TOMACORRIENTES Y COMUNICACIONES

CAJA DERIVACION RED NORMAL Y REGULADA	CAJA DERIVACION RED DE VOZ Y DATOS
DOBLE DE MURO	RED DE VOZ Y DATOS
SENCILLA DE PISO	TELEFONO DE MURO Y DE PISO
CONTROLADA POR INTERRUPTOR	TELEFONO PUBLICO
LAVADORA EXTRACTOR	CITOFONO INTERCOMUNICADOR
HORNO MICRO ONDAS LAV. DE PLATOS	CAJA DE PISO TELEF. CITOF. Y TV
UTENSILIOS NEVERA	CAJA DE PISO UNIFICADA TELEF. CITOF. TV
EXTRACTOR	STRIP TELEFONO
MOTOR	STRIP PARCIAL CITOFONO
COCINETA 120V	BOTON TIMBRE
TRITURADOR	CAMPANA DE TIMBRE
SECADORA 120V CALENTADOR 120V	DETECTOR INCENDIO
SECADORA 208V CALENTADOR 208V HORNO 208V	ANTENA TV.
TRIFASICA	CAMARA CCTV
GFCI	SONIDO TECHO Y COLUMNA
BANDEJAS O CANALETAS POR TECHO	BANDEJAS O CANALETAS POR PISO O TECHO DE PISO INFERIOR
GUARDAESCOBAS	ELECTRICA
EN ZOCALO	COMUNICACIONES

NOTAS:

1. TODA LA TUBERÍA SERÁ DE #1/2" Y EL CONDUCTOR N| 12 AWG EXCEPTO DONDE SE ESPECIFIQUE.
2. LA TUBERÍA SERÁ PVC, SOLO CUANDO QUEDE EMBEBIDA DENTRO DE LA PLACA, DE LO CONTRARIO SERÁ DE TIPO EMT O SCHEDULE 40.
3. EL CONDUCTOR DE TIERRA SERÁ N°12 DESNUDO EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
4. AISLAMIENTO HLFR (LIBRE DE HALÓGENOS).
5. TODOS LOS CONDUCTORES SERAN DE COBRE EXCEPTO LOS CASOS DONDE SE ESPECIFIQUE OTRO MATERIAL CONDUCTOR

OBSERVACIONES O NOTAS ESPECIFICAS:

-

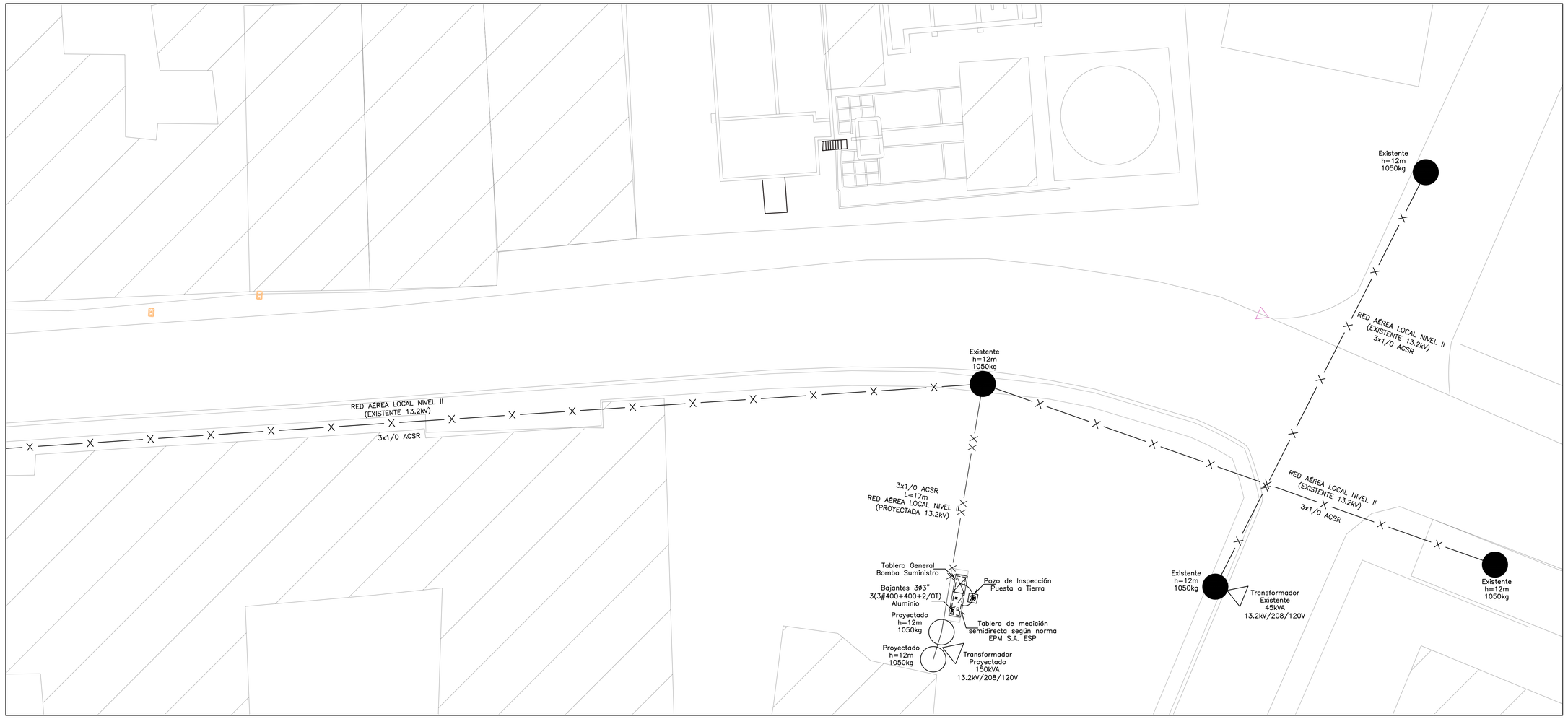
VERSION Y FECHA DE MODIFICACION:

-
-
-
-
-

PROYECTO:
BOMBA DE SUMINISTRO
AGUA POTABLE
TIBU-NORTE DE SANTANDER

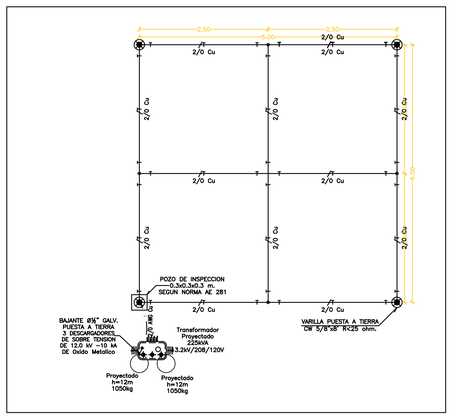
CONTENIDO:
Diagrama Unifilar

ULTIMA FECHA DE MODIFICADO: ----------
VERSION: 01
FECHA: 24-NOVIEMBRE-2025
No. DE PLANO: E01 DE E02
ESCALA: SIN ESCALA
PLAQUETA VERSIÓN 1.0



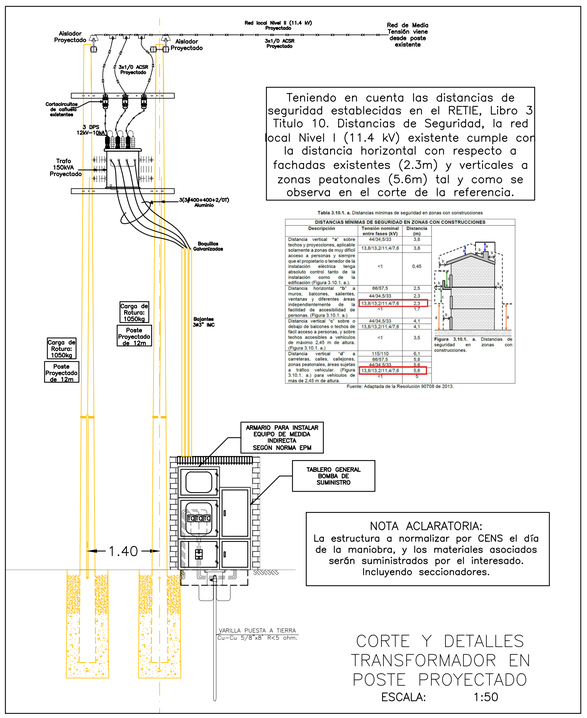
LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PREDIO JUNTO CON LAS REDES DE MEDIA TENSIÓN EXISTENTES Y PROYECTADAS

ESCALA: 1:75



DETALLE PUESTA A TIERRA
TRANSFORMADOR EN POSTE PROYECTADO

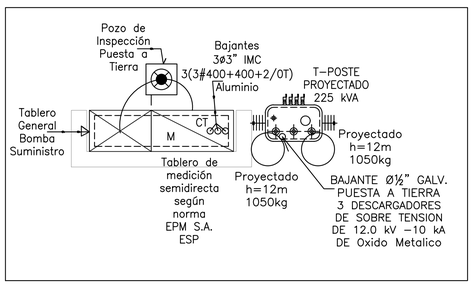
ESCALA: 1:50



NOTA ACLARATORIA:
La estructura a normalizar por CENS el día de la maniobra, y los materiales asociados serán suministrados por el interesado. Incluyendo seccionadores.

CORTE Y DETALLES
TRANSFORMADOR EN
POSTE PROYECTADO

ESCALA: 1:50



DETALLE EN PLANTA CONEXIÓN
TRANSFORMADOR PROYECTADO
Y TABLEROS BAJA TENSIÓN PROYECTADOS

ESCALA: 1:25

FABIAN GERARDO VARGAS ROJAS
Ingeniero Electricista
Matrícula No. 205 90583

NO. DE PLANO: E02 DE E02

ESCALA: LA INDICADA

FECHA: 24-NOVIEMBRE-2025

INGENIERO DISEÑADOR:
FABIAN G. VARGAS ROJAS
MATRICULA CN205-90583.

DELINEANTE:
.....

JF INGENIERIA ELECTRICA & CONSTRUCTORES NL S.A.S.

JF INGENIERIA ELÉCTRICA & CONSTRUCTORES NL S.A.S.
Cel: 313 853 7940/ 318 379 7485
Email: jf.nl25sas@gmail.com

CONVENSIONES GENERALES

CONDUIT - ALAMBRADO - TABLERO

TECHO Y MUROS		HDMI	
PISO		CONDUCTOR DE FASE	
TELEFONO		CONDUCTOR DE NEUTRO	
ANTENA TV Y/O CCTV		CONDUCTOR DE TIERRA	
CITOFONO		FASE INTERRUMPIDO	
SONIDO		TABLERO h.tot.=1.2 AUTOMATICOS	
RED VOZ Y DATOS			

ILUMINACIÓN E INTERRUPTORES

LUMINARIA LINEAL LED 45W		SENCILLO, DOBLE O TRIPLE	
APLIQUE LED 12W		CONMUTABLE SENCILLO Y DOBLE	
BALA LED 12W		CONMUTABLE SAIO SENCILLO Y MAS DOBLE	
LUZ DE PENUMBRA		CON DETECTOR DE PRESENCIA	
BALA HALOGENA		CAJA DE INTERRUPTORES	
FAROL		SECADOR DE MANOS h=1.5	
PUNTO DE DERIVACION		PULSADOR REMOTO	
LAMPARA BATERIA DE EMERGENCIA EN TECHO		DETECTOR DE PRESENCIA EN TECHO	
LAMPARA BATERIA DE EMERGENCIA EN MURO		VENTILADOR EN TECHO	

TOMACORRIENTES Y COMUNICACIONES

E	CAJA DERIVACION RED NORMAL Y REGULADA	D	CAJA DERIVACION RED DE VOZ Y DATOS
	DOBLE DE MURO		RED DE VOZ Y DATOS
	SENCILLA DE PISO		TELEFONO DE MURO Y DE PISO
	CONTROLADO POR INTERRUPTOR		TELEFONO PUBLICO
L	LAVADORA		CITOFONO INTERCOMUNICADOR
K	HORNO MICRO ONDAS		CAJA DE PISO TELEF. CITOF. Y TV
N	LAV. DE PLATOS		
P	LITINGLOS NEVERA		CAJA DE PISO UNIFICADA TELEF. CITOF. TV
E	EXTRACTOR		STRIP TELEFONO
	MOTOR		STRIP PARCIAL CITOFONO
W	COCINETA 120V		BOTON TIMBRE
T	TRITURADOR		CAMPANA DE TIMBRE
S	SECADORA 120V		DETECTOR INCENDIO
C	CALENTADOR 120V		
S	SECADORA 208V	M	ANTENA TV.
C	CALENTADOR 208V		
H	HORNO 208V		CAMARA CCTV
	TRIFASICA		
	GFCI		SONIDO TECHO Y COLUMNA
	BANDEJAS O CANALETAS POR TECHO		BANDEJAS o CANALETAS POR PISO o TECHO DE PISO INFERIOR
	GUAYACHECOBAS		ELECTRICA
	EN ZOCALO		COMUNICACIONES

NOTAS:

1. TODA LA TUBERÍA SERÁ DE ø1/2" Y EL CONDUCTOR N| 12 AWG EXCEPTO DONDE SE ESPECIFIQUE.
2. LA TUBERÍA SERA PVC, SOLO CUANDO QUEDE EMBEBIDA DENTRO DE LA PLACA, DE LO CONTRARIO SERÁ DE TIPO EMT O SCHEDULE 40.
3. EL CONDUCTOR DE TIERRA SERÁ N°12 DESNUDO EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
4. AISLAMIENTO HLFR (LIBRE DE HALÓGENOS).
5. TODOS LOS CONDUCTORES SERAN DE COBRE EXCEPTO LOS CASOS DONDE SE ESPECIFIQUE OTRO MATERIAL CONDUCTOR

OBSERVACIONES O NOTAS ESPECIFICAS:

-

VERSION Y FECHA DE MODIFICACION:

-
-
-
-
-

PROYECTO:
BOMBA DE SUMINISTRO
AGUA POTABLE
TIBU-NORTE DE SANTANDER

CONTENIDO:
Redes de Media Tensión
Existentes y Proyectadas
y Detalles Transformador en Poste

ULTIMA FECHA DE MODIFICADO: ----------

VERSION: 01

ESCALA: LA INDICADA

No. DE PLANO: E02 DE E02

PLAQUETA VERSIÓN 1.0

Anexo 3. Requerimientos, observaciones y aprobaciones de interventoría

OFICP 05 _ Aprobación componente topográfico

Señores:
GOBERNACION DE NORTE DE SANTANDER
SECRETARIA DE AGUA Y SANEAMIENTO BASICO
ING Mayra Delgado Bueno
Supervisora

Asunto: Aprobación Levantamiento Topográfico – Contrato de Consultoría No. 018 de 2025

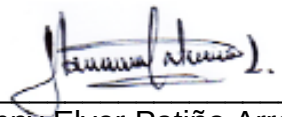
Cordial saludo.

La interventoría del Contrato de Consultoría No. 018 de 2025, suscrito entre Empresas Municipales de Tibú EMTIBU E.S.P. y INGEOMAD INGENIERIA Y GEOFISICA SAS, cuyo objeto es la **CONSULTORÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE Tibú**, se permite manifestar que, una vez realizada la revisión técnica del Informe de Levamiento Topográfico por parte de la Interventoría, se verificó el cumplimiento de los requisitos técnicos exigidos, así como la coherencia entre la metodología aplicada, el procesamiento de datos y los productos cartográficos generados.

Se constató que el levantamiento topográfico fue ejecutado mediante tecnologías GNSS diferencial, RTK y captura LiDAR, adoptando el sistema de referencia oficial MAGNA-SIRGAS, y que los productos entregados cumplen con las precisiones y especificaciones técnicas requeridas para la fase de estudios y diseños de preinversión.

En consecuencia, y en ejercicio de las funciones de seguimiento y control contractual, esta Interventoría **EMITE APROBACIÓN** al Levantamiento Topográfico, al considerarlo técnicamente viable y suficiente como insumo para el desarrollo de los diseños del proyecto.

Atentamente,



Jhonny Elver Patiño Arroyave
C.C. No.88.246.705 de Cúcuta
Topógrafo

OFICP 06 _ Aprobación componente de suelos

Señores:
GOBERNACIÓN DE NORTE DE SANTANDER
SECRETARIA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO
ING Mayra Delgado Bueno
Supervisora

Asunto: Aprobación Estudio de suelos – Contrato de Consultoría No. 018 de 2025

Cordial saludo.

La interventoría del contrato de consultoría No. 018 de 2025, suscrito entre las EMPRESAS MUNICIPALES DE TIBÚ EMTIBU E.S.P. y INGEOMAD INGENIERÍA Y GEOFÍSICA S.A.S., cuyo objeto es la **CONSULTORÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE Tibú, NORTE DE SANTANDER**, se permite manifestar que, una vez realizada la revisión técnica de los Estudios de Suelos por parte de la Interventoría, se verificó el cumplimiento de los requisitos técnicos mínimos exigidos, así como la coherencia entre la exploración de campo, los ensayos de laboratorio, el análisis geotécnico y las recomendaciones de diseño.

En consecuencia, y en ejercicio de las funciones de seguimiento y control contractual, esta Interventoría emite **APROBACIÓN DEFINITIVA** a los Estudios de Suelos, al considerarlos técnicamente viables y suficientes como insumo para el desarrollo del diseño estructural y demás componentes asociados.

Se deja constancia de que las observaciones formuladas durante la revisión previa fueron debidamente atendidas e incorporadas en la versión final del documento, fortaleciendo los aspectos metodológicos y de interpretación, mejorando la trazabilidad de los resultados y garantizando mayor solidez en las decisiones técnicas derivadas del diseño.

Sin otro particular, se expide la presente para los fines pertinentes.

Atentamente,

Jesús Ramon Sánchez Duran
Matricula Profesional No. 54202-216973 NTS
Ingeniero Civil
Especialista en Geotecnia y Estabilidad de Taludes

OFICP 07 _ Aprobación componente eléctrico

Señores:
GOBERNACIÓN DE NORTE DE SANTANDER
SECRETARIA DE AGUA Y SANEAMIENTO BASICO
ING. Mayra Delgado Bueno
Supervisora

Asunto: Aprobación Componente Eléctrico – Contrato de Consultoría No. 018 de 2025

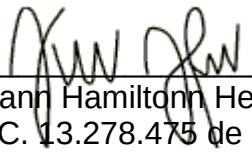
Cordial saludo.

La interventoría del contrato de consultoría No. 018 de 2025, suscrito entre las EMPRESAS MUNICIPALES DE TIBÚ EMTIBU E.S.P. y INGEOMAD INGENIERÍA Y GEOFÍSICA S.A.S., cuyo objeto es la **CONSULTORÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE Tibú, NORTE DE SANTANDER**, se permite manifestar que, una vez realizada la revisión técnica del Componente Eléctrico por parte de la interventoría, se verificó el cumplimiento de los requisitos técnicos y normativos aplicables, incluyendo RETIE y normas complementarias.

En consecuencia, se emite **concepto técnico de aprobación del Componente Eléctrico**, al evidenciarse adecuado dimensionamiento del transformador, conductores, protecciones y sistema de puesta a tierra, así como la correcta elaboración del análisis de riesgos eléctricos.

Se recomienda verificar en etapa posterior las condiciones definitivas del punto de conexión otorgado por el operador de red, previo a la ejecución de obra.

Atentamente,



Jeann Hamiltonn Heredia Diaz
C.C. 13.278.475 de Cúcuta
Registro profesional No. SN205-186003
Especialista Eléctrico – Interventoría

REVISIÓN No.1

CONTRATO No. MC-SAPSB-03065-2025

CONTRATISTA:
CELPA CONSTRUCCIONES SAS
901.705.735-1

OBJETO:

INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, CONTABLE, FINANCIERA Y AMBIENTAL A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

INFORME DE INTERVENTORÍA
Proyectos de Preinversión – Basado en la Resolución 0661 de 2019

1. Introducción

El presente informe de interventoría se elabora con el propósito de verificar y evaluar la documentación entregada por la consultoría correspondiente al proyecto de preinversión, conforme a los requisitos técnicos, administrativos y formales establecidos en la Resolución 0661 de 2019 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

El objetivo principal es determinar si el proyecto cumple con los documentos mínimos necesarios para ser presentado ante el instrumento de evaluación del Ministerio, garantizando la calidad y suficiencia de la información aportada.

Este informe constituye un insumo preliminar que será entregado a la supervisión para la revisión y toma de decisiones respecto al cumplimiento contractual y normativo del consultor.

2. Objetivos

Objetivo general:

Verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos y documentales exigidos en la Resolución 0661 de 2019 para proyectos de preinversión, mediante la revisión exhaustiva de la documentación aportada por la consultoría.

Objetivos específicos:

• Evaluar la suficiencia y coherencia de la documentación entregada.

• Comparar los entregables con los requisitos mínimos establecidos en la resolución

• Identificar vacíos, inconsistencias o incumplimientos.

• Emitir observaciones y recomendaciones para el ajuste de la documentación previo a la presentación ante el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

• Garantizar que la consultoría cumpla con los estándares técnicos requeridos.

3. Información General del Proyecto

• **Objeto del contrato:** _ CONSULTORÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

• **Entidad responsable:** Empresas Municipales de Tibú EMTIBU E.S.P., NIT. 807.000.697-0 RL. José Iván Mazo Agudelo

• **Consultoría:** INGEOMAD INGENIERIA Y GEOFISICA SAS. RL. Edier Mauricio Delgado

• **Interventoría:** CELPA CONSTRUCCIONES SAS nit. 901.705.735-1 RL. Celeste Pabón Ortega

• **Supervisor del contrato:** Mayra Delgado Bueno secretaria de agua potable y saneamiento básico – Gobernación norte de Santander.

• **Fecha de revisión:** 24 noviembre 2025

PARA PROYECTOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

En la siguiente tabla aparece los mínimos documentos que deben ser presentados por las Entidades Territoriales o Gestores de los Planes Departamentales de Agua para que un proyecto de preinversión ingrese al instrumento de evaluación.

TABLA DE CHEQUEO – ESTUDIOS

ITEM	NORMA	REQUISITO	VERIFICACION DE CUMPLIMIENTO			OBSERVACIONES
			SI	NO	NA	
Estudios y diseños	Res 0661, numeral 2.4.1	El proyecto debe incluir todos los estudios y diseños, actualizados al año de presentación del proyecto, de cada uno de los componentes del sistema de acuerdo a la naturaleza del mismo: Todos y cada uno de los productos entregados como soporte del proyecto deberán estar debidamente firmados de conformidad a lo establecido en el reglamento técnico del sector.		X		
Diagnostico situacional de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo	Res 0661, numeral 2.4.2, Res 0330 art 8	El diagnostico situacional deberá observar lo establecido en el reglamento técnico del sector		x		No se ha recibido este componente
Diagnóstico y evaluación del sistema existente	Res 0330 art 8, numeral 5	Se debe evaluar el sistema existente objeto del proyecto, buscando obtener información sobre su funcionamiento general, la capacidad máxima real, la condición tecnológica, la eficiencia y los criterios operacionales, con el fin de hacer un diagnóstico sobre la posibilidad de mejorar los niveles de eficiencia del sistema.		x		No se ha recibido este componente. Se debe presentar un análisis del sistema de abastecimiento existente desde captación y exponer los problemas técnicos y sociales que hacen que presente problemas.

Evaluación de la oferta	Res 0661, numeral 2.4.3	En términos de los componentes existentes, tales como estructuras de acueducto, alcantarillado y/o aseo y las condiciones naturales disponibles, tales como la microcuenca, y fuentes de abasto, de acuerdo con lo establecido en el reglamento técnico del sector.		x		Debe estar contenida en el informe de diagnostico
Evaluación de la demanda	Res 0661, numeral 2.4.4, Res 0330 art 8	Proyectada para la población atendida en la zona de estudio, de acuerdo con lo establecido en el reglamento técnico del sector.		x		Debe estar contenida en el informe de diagnostico
Formulación y análisis de alternativas y escogencia de la mas favorable	Res 0661, numeral 2.4.5, Res 0330 art 13 y 14	Para proyectos en los que el análisis, evaluación y escogencia de alternativas, derive en la construcción de pozo profundo, debe implementarse la construcción por fases, debidamente diferenciadas, que permitan el manejo contractual independiente durante su ejecución, en razón a la vulnerabilidad asociada al nivel de incertidumbre de este tipo de fuentes, de manera que no se adelante la construcción de infraestructura para tratamiento, almacenamiento y/o distribución, antes de que se compruebe la calidad y cantidad de agua disponible. El análisis debe tener en cuenta la gestión de riesgos y la gestión ambiental, revisar los aspectos financieros. económicos y sociales que permitan determinar la viabilidad del respectivo proyecto. La comparación de alternativas deberá considerar los aspectos económicos, técnicos, sociales, ambientales, financiero, de riesgos y permisos.		x		Se debe realizar la evaluación de alternativas de abastecimiento teniendo en cuenta los criterios exigidos en la resolución 0330, la evaluación de alternativas debe realizarse mediante un prediseño de cada alternativa y la selección debe realizarse mediante una metodología de matriz multi criterio donde se garantice que la seleccionada sea la mejor para solucionar el problema objeto del proyecto. En este componente se puede emplear información de estudios previos actualizándola a la fecha.
Estudios hidrológicos	Res 0661, numeral 2.4.7	El estudio efectuado con base en la información de las estaciones meteorológicas cercanas al área del proyecto, deberá determinar la precipitación, evapotranspiración, los caudales medios de los cuerpos de agua que pueden ser considerados para los diseños de las estructuras, y las demás determinaciones inherentes a las necesidades de los diferentes puntos de estudio.		x		No se ha recibido este componente. Debe contemplar como mínimo el estudio hidrológico de la fuente de abastecimiento empleada en la actualidad y la información climatológica local.

Estudios hidrogeológicos	Res 0661, numeral 2.4.8	El estudio efectuado debe incluir las características climáticas, hidrológicas, geológicas, la estructura del subsuelo facilitada por la geofísica, hidrodinámicas, geoquímicas e hidro químicas para la definición de los acuíferos existentes (masas de agua o embalses subterráneos) en sus aspectos geométrico y de funcionamiento hidrogeológico, definiéndose su localización y balances hídricos.	x			
Diseños hidráulicos	Res 0661, numeral 2.4.10	Deben incluir información sobre el software utilizado para el diseño, así como los parámetros de ingreso empleados, con su correspondiente justificación.		x		No se ha recibido este componente

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	DOCUMENTOS GENERALES				
Fichas MGA y EBI	Diligenciadas acorde con lo dispuesto en la Resolución 1450 de 2013 expedida por el Departamento Nacional de Planeación, o aquella que la adicione, modifique o derogue. La Ficha EBI, en medio físico (impresa), firmada en original por el responsable de su trámite y que contenga el código BPIN asociado al proyecto por la entidad Responsable.	Si	No **X**	N.A.	Se debe presentar por parte de la consultoría fichas mga-web
	Acta del Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres - CDGRD respectivo, donde se evidencien las afectaciones en los sistemas de acueducto, alcantarillado y/o aseo. En caso de que no se cuente con el soporte anterior, se podrá adjuntar el acta del Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres - CMGRD respectivo, donde se evidencien las afectaciones en los sistemas de acueducto,	Si	No **X**	N.A.	Solicitar a la entidad territorial

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	alcantarillado y/o aseo.				
Plano de localización general	Plano de localización general del proyecto en medio físico (impreso en escala adecuada) como en medio magnético (digital) en formato de documento portátil (PDF) así como los archivos de diseño asistido por computadora tipo CAD. La copia física (impresa) debe tener la firma en original junto al respectivo número de matrícula profesional responsable de la Entidad.	Si	No **X**	N.A.	
	Plano con el detalle del proyecto, en medio físico (impreso en escala adecuada) como en medio magnético (digital) en formato de documento portátil (PDF) así como los archivos de diseño asistido por computadora tipo CAD, donde se describan los diferentes componentes existentes y/o las que se pretende construir dentro del alcance del proyecto. La copia física (impresa) debe tener la firma en original junto al respectivo número de matrícula profesional responsable de la Entidad.	Si	No **X**	N.A.	
	DOCUMENTOS LEGALES				
	Certificación de planeación municipal que acredite con relación a la localización y uso de los terrenos, que el proyecto se desarrollará acorde con el POT, PBOT, o EOT vigente, y que no existe impedimento para la construcción del mismo, en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital). El medio físico (impreso) debe tener la firma del funcionario competente para la expedición del certificado. El medio digital debe ser la digitalización (escaneo) del medio físico, donde	Si	No **X**	N.A.	Solicitar a la entidad territorial

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	debe aparecer la firma correspondiente.				
	DOCUMENTOS PREVIOS POR LA ZONA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO				
	Certificación de Planeación municipal o de la Autoridad Ambiental competente donde indique si el proyecto se encuentra en una zona de alto riesgo no mitigable, en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital). El medio físico (impreso) debe tener la firma del funcionario competente para la expedición del certificado. El medio digital debe ser la digitalización (escaneo) del medio físico, donde debe aparecer la firma correspondiente.	Si	No **X**	N.A.	Solicitar a la entidad territorial
	DOCUMENTOS TÉCNICOS				
	Formato Resumen del Proyecto con la totalidad de los campos diligenciados, en el formato presentado por el MVCT (Formato 2 de la resolución 1063 de 2016), en medio físico (impreso), así como en medio magnético (digital). El medio físico firmado en original por el representante legal de la Entidad responsable del proyecto o por el representante legal del Gestor en caso sea presentado por el Plan Departamental de Agua, así como la firma original del responsable del diligenciamiento del formato. El medio magnético (digital) en un formato en que se pueda verificar los valores empleados.	Si	No **X**	N.A.	
	Descripción de la afectación de los sistemas de acueducto, alcantarillado y/o aseo ocasionado por cualquier situación de desastre. Debe incluir el registro fotográfico correspondiente y este debe ser	Si	No **X**	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	consistente con las actas del CDGRD y/o del CMGRD.				
	Capítulo o documento con el diagnóstico del sistema, en el cual se planteé estudio de alternativas a la solución del problema, en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital). El medio físico (impreso) debe tener la firma del funcionario responsable de la Entidad. El medio digital debe ser la digitalización (escaneo) del medio físico, donde debe aparecer la firma correspondiente.	Si	No **X**	N.A.	Solicitar a la entidad territorial
	Capítulo o documento con la descripción de la alternativa de solución propuesta, avalada por un ingeniero civil o sanitario u otra de las ramas de la ingeniería relacionadas con este sector. en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital). El medio físico (impreso) debe tener la firma del funcionario responsable y del profesional que avala la alternativa al pie de su matrícula profesional. El medio digital debe ser la digitalización (escaneo) del medio físico, donde deben aparecer las firmas correspondientes.	Si	No **X**	N.A.	
	Capítulo o documento donde se encuentre el informe del levantamiento topográfico realizado, tanto en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital), actualizados al año de presentación del proyecto, que contenga: descripción de los instrumentos empleados, certificado de calibración de los instrumentos empleados, amarres y sus certificaciones por el IGAC, evidencia de los mojones realizados.	Si **x**	No	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: profesional que elaboró el levantamiento, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.				
	Planos topográficos independientes de los planos de diseño tanto en medio físico (impreso en escala adecuada) como en medio magnético (digital) en formato de documento portátil (PDF) así como los archivos que pueden ser de diseño asistido por computadora tipo CAD o de Geodatabase. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: profesional que elaboró el levantamiento, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	
	Planos de implantación del proyecto sobre el plano topográfico correspondiente en planta y perfil en físico (impreso en escala adecuada) como en medio magnético (digital) en formato de documento portátil (PDF) así como los archivos de diseño asistido por computadora tipo CAD, incluyendo los cuadros de cálculo de cantidades para movimiento de tierras en cada sección transversal dibujada, según aplique. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula	Si	No **X**	N.A.	Solicitar a la consultoría Perfiles en físico y digital del terreno

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	profesional de quien firma: profesional que elaboró el levantamiento, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.				
	Capítulo o documento donde se encuentre el estudio hidrológico, en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital); o la justificación de que el proyecto no requiere este estudio. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: hidrólogo que elaboró el estudio, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	
	Capítulo o documento donde se encuentre el estudio hidrogeológico, en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital); o la justificación de que el proyecto no requiere este estudio. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: geólogo o hidrogeólogo que elaboró el estudio, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si **X**	No	N.A.	
	Estudio de suelos y geotecnia en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital), que incluya: la localización de los puntos de muestreo, la profundidad de la exploración en cada punto, el	Si **X**	No	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	equipo utilizado, los ensayos de laboratorio realizados, los parámetros definidos y las recomendaciones. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró el estudio, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.				
	Plano de localización de sondeos para cada uno de los puntos estudiados en medio físico (impreso en escala adecuada) como en medio magnético (digital) en formato de documento portátil (PDF) así como los archivos de diseño asistido por computadora tipo CAD. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró el estudio, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	
	Memoria de diseño hidráulico en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital), que incluya: cálculos y resultados de las modelaciones en que se definan los componentes del proyecto, información del programa de modelación utilizado, parámetros de entrada empleados (como: diámetros, caudales, demandas, velocidades, especificaciones de materiales, etc.). En medio digital (magnético) se deben entregar las memorias en formato de	Si	No **X**	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	documento portátil (PDF), así como los archivos de las modelaciones realizadas, las cuales deben tener una versión en un programa de modelación de dominio público. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró el diseño hidráulico, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.				
	Planos de diseño hidráulico definitivos del proyecto en medio físico (impreso en escala adecuada) como en medio magnético (digital) en formato de documento portátil (PDF) así como los archivos de diseño asistido por computadora tipo CAD, deben presentar detalles constructivos. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró el diseño hidráulico, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	
	Memoria de diseño estructural de todas las estructuras contempladas en el alcance del proyecto, donde se incluya: declaratoria de cumplimiento y/o certificación de que se emplea la NSR-10 o la norma que la remplace, metodologías empleadas para su cálculo, casos de carga considerados, combinaciones de carga, suposiciones utilizadas,	Si	No **X**	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	esquemas de los componentes a construir con sus respectivas dimensiones, información sobre el programa de modelación empleado para el cálculo, resultados de la modelación (en medio magnético) presentando con claridad los datos de entrada. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró el diseño estructural, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.				
	Planos de diseño estructural definitivos del proyecto en medio físico (impreso en escala adecuada) como en medio magnético (digital) en formato de documento portátil (PDF) así como los archivos de diseño asistido por computadora tipo CAD, que incluyan: detalles constructivos, notas y referencias sobre materiales empleados en el diseño, dimensiones respectivas de todos los elementos, cuadros de despiece de los elementos y figuración, cuadros con cantidades de acero y volúmenes de concreto. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró el diseño estructural, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	
	Capítulo o documento donde se encuentren las memorias de diseño	Si	No **X**	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	eléctrico, en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital); o la justificación de que el proyecto no requiere este estudio. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró el diseño eléctrico, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.				
	Si se presenta diseño eléctrico: planos de diseño eléctrico definitivos del proyecto en medio físico (impreso en escala adecuada) como en medio magnético (digital) en formato de documento portátil (PDF) así como los archivos de diseño asistido por computadora tipo CAD, que incluyan: Planta general de ubicación proyectada, localización general de las redes, diagrama unifilar, cuadro de equivalencia de conductores, cortes, notas y recomendaciones. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró el diseño eléctrico, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	
	Diseño electromecánico, en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital); o la justificación de que el proyecto no requiere este diseño. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número	Si	No **X**	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró el diseño electromecánico, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.				
	Capítulo o documento donde se encuentre memorias de diseño arquitectónico, en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital); o la justificación de que el proyecto no requiere este estudio. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: profesional que elaboró el arquitectónico, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	
	Si se presenta diseño arquitectónico: Planos de diseño arquitectónico definitivos del proyecto en medio físico (impreso en escala adecuada) como en medio magnético (digital) en formato de documento portátil (PDF) así como los archivos de diseño asistido por computadora tipo CAD, que incluyan: detalles constructivos, notas y referencias sobre materiales empleados en el diseño, dimensiones respectivas de todos los elementos, cuadros con cantidades de materiales. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: profesional que elaboró el arquitectónico, verificación de la interventoría y aval de la	Si	No **X**	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.				
	Memorias de cantidades de obra detalladas por componente en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital) en hoja electrónica formulada que permitan la verificación. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró las cantidades, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	
	Un capitulo o documento que precise las especificaciones técnicas de construcción particulares de cada uno de los elementos del proyecto, en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital) en formato de documento portátil (PDF), donde incluya: la ubicación y extensión del proyecto, los medios de acceso, medios de transporte, distancia a la cabecera municipal, unidad de medida y pago, ensayos a realizar, normas que debe cumplir, procedimientos constructivos recomendados para las obras.	Si	No **X**	N.A.	
	La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró las especificaciones, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	Análisis de precios unitarios en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital) en hoja electrónica formulada que permitan la verificación, que discrimine claramente: materiales, equipos, herramientas, transporte, y mano de obra; indicando los rendimientos, de acuerdo con la unidad de medida. Debe indicar la fecha de elaboración. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró los análisis, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	
	Cronograma de ejecución presenta el plazo de ejecución de los diferentes componentes del proyecto en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital), especificando la duración de las actividades, identificando la ruta crítica y las holguras en cada actividad. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró el cronograma, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	
	Si hay componentes diferentes a tuberías, tales como plantas de tratamiento de agua potable, aguas residuales, y almacenamientos, que incluyan como materia prima la fibra de vidrio: Se adjunta el	Si	No **X**	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	diligenciamiento del formato 5 de la Resolución 1063 de 2016, como soporte técnico para la correspondiente cotización.				
	FINANCIERO PRESUPUESTO				
Costos y presupuesto	Presupuesto de obra en medio físico (impreso) como en medio magnético (digital) en hoja electrónica formulada que permitan la verificación, indicando la fecha de su elaboración, ordenado por componentes y estos discriminados por capítulos. Los ítems del presupuesto deben incluir la descripción detallada de la actividad, así como: la unidad de medida, la cantidad, el valor unitario y el valor total. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: especialista que elaboró el presupuesto, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	Se solicita a la consultoría: Presupuesto, APU, costos directos e indirectos, memorias de cantidades
	Soportes presupuestales de las fuentes de financiación del proyecto, diferentes a los de la Nación, expedidos por el funcionario competente y con una fecha no mayor a seis (6) meses de la presentación del proyecto. En caso que la financiación sea a través del PDA: Certificación disponibilidad de los recursos del Gestor junto con el Certificado de saldos expedido por el FIA. El medio físico (impreso) debe tener la firma del funcionario. El medio digital debe ser la digitalización (escaneo) del medio físico, donde	Si	No **X**	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	debe aparecer la firma correspondiente.				
Gestión financiera	Plan financiero del Proyecto presentando durante el tiempo los montos para cada componente del proyecto (incluido la interventoría), por fuente de financiación, en medio físico (impreso) y en medio magnético (digital) en hoja electrónica formulada que permita la verificación. La copia física (impresa) debe tener las siguientes firmas en original junto al respectivo número de matrícula profesional de quien firma: profesional que elaboró el plan financiero del proyecto, verificación de la interventoría y aval de la supervisión de la Entidad Contratante responsable del diseño.	Si	No **X**	N.A.	Se solicita a la consultoría: Estructura organizacional y plan financiero del proyecto
Cronograma físico-financiero	Actividades, tiempos y porcentajes.	Si	No **X**	N.A.	
	AMBIENTAL				
	Para los casos de proyectos que incluyan perforación de pozos profundos: Copia del documento de solicitud del permiso para prospección, exploración y explotación de aguas subterráneas, debidamente radicado ante la autoridad ambiental correspondiente, en medio físico (impreso) y en medio magnético (digital).	Si	No **X**	N.A.	Solicitar a la consultoría
	Perforación de pozos profundos, se presenta permiso para prospección, exploración y explotación de aguas subterráneas.				
	• Si se presenta(n) permiso(s) para prospección, exploración	Si	No **X**	N.A.	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	y explotación de aguas subterráneas, este(os) se encuentra(n) por medio de resolución(ones) de la autoridad ambiental competente.				
	• Si se presenta(n) permiso(s) para prospección, exploración y explotación de aguas subterráneas, este(os) se encuentra(n) vigente(s) a la fecha de presentación del proyecto.	Si	No **X**	N.A.	
	• Si se presenta(n) permiso(s) para prospección, exploración y explotación de aguas subterráneas, este(os) es(son) suficiente(s) y valido(s) para el(los) pozo(s) profundo(s) propuesto(s) en el diseño. (Si algún pozo profundo propuesto no presenta el correspondiente permiso se deberá responder de manera negativa).	Si	No **X**	N.A.	
	En caso de proyectos que incluyan nuevas captaciones, o ampliaciones de caudal: Copia del documento de solicitud de la concesión de aguas por el caudal requerido por el proyecto, debidamente radicado ante la autoridad ambiental correspondiente, en medio físico (impreso) y en medio magnético (digital)	Si	No	N.A. **X**	
	Para los casos de proyectos que impliquen la intervención de cauces: Copia del documento de solicitud del permiso para la ocupación de cauce, debidamente radicado ante la autoridad	Si	No	N.A. **X**	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	ambiental correspondiente, en medio físico (impreso) y en medio magnético (digital).				
	Para los casos de proyectos de alcantarillado sanitario o combinado: Copia del documento en que se presenta para aprobación de la autoridad ambiental correspondiente del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV, debidamente radicado ante la autoridad ambiental competente, en medio físico (impreso) y en medio magnético (digital).	Si	No	N.A. **X**	
	Cuando el proyecto considere la construcción o ampliación de una PTAR: Copia del documento de solicitud del permiso de vertimientos, debidamente radicado ante la autoridad ambiental correspondiente, en medio físico (impreso) y en medio magnético (digital)	Si	No	N.A. **X**	
	Cuando el proyecto incluya la construcción de presas, represas o embalses, sistemas de tratamiento de aguas residuales que sirvan a poblaciones superiores a 200.000 habitantes, construcción y operación de rellenos sanitarios y plantas de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos biodegradables mayores o iguales a 20.000 toneladas / año, rectificación o desviación de cauces, o que requieren trasvase de una cuenca a otra de corriente de agua, obras o actividades que afecten las áreas del Sistema de Pargues Nacionales Naturales: Copia del documento de solicitud de la Licencia Ambiental, debidamente radicado ante la	Si	No	N.A. **X**	

Documento	Descripción según Res. 0661/2019	Presenta (Sí/No/N.A.)			Observación Interventoría
	autoridad ambiental correspondiente para el proyecto, en medio físico (impreso) y en medio magnético (digital).				
	DOCUMENTOS PREDIALES				
	Cuando el proyecto presentado requiera la construcción de una estructura en un predio: Certificado de libertad y tradición que acredite la propiedad del inmueble por parte de la Entidad beneficiaria del apoyo financiero. En caso de no contar con el documento anterior, podrá indicar el estado del trámite de enajenación voluntaria o expropiación administrativa establecido en el Decreto 4628 de 2010.	Si	No **X**	N.A.	
	Cuando se requiera un permiso de servidumbre: capitulo o documento donde se identifique si se cuenta con este(os) o el estado del trámite de la(s) imposición (ones).	Si	No **X**	N.A.	
Certificado de uso del suelo	Certificado de uso del suelo, Emitido por planeación municipal.	Si	No **X**	N.A.	Solicitar a la entidad territorial
Avaluó del predio	Emitido por IGAC o gestor catastral.	Si	No **X**	N.A.	Solicitar a la entidad territorial
Catastro de redes existentes	Redes de acueducto y alcantarillado, interferencias.	Si	No **X**	N.A.	Solicitar a la entidad territorial

Nelsys celeste Pabón ortega
Representante Legal
Celpa construcciones sas

REVISIÓN No.2

San José de Cúcuta, 02 de febrero de 2026

REFERENCIA: INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, CONTABLE, FINANCIERA Y AMBIENTAL A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

ASUNTO: REVISION DE LOS COMPONENTES HIDRAULICOS

1. **ESTUDIO HIDROGEOLOGICO:**

INFORMACION RECIBIDA:
Informe de estudio hidrogeológico en formato pdf con 81 páginas, 9 carpetas con los anexos del estudio.

REVISION:

CONSIDERACIONES GENERALES:
Contiene todos los aspectos relacionados con la hidrogeología necesaria para la exploración de un pozo profundo, la presentación del informe es clara, no hay observaciones al respecto.

2. **DIAGNOSTICO:**

INFORMACION RECIBIDA:
Informes de diagnóstico en formatos pdf y Word con 41 páginas.

REVISION:

CONSIDERACIONES GENERALES:
El informe presenta la cuantificación de oferta y demanda con el análisis de déficit de demanda existente con lo cual se justifica la proyección de un pozo profundo para suplir esta deficiencia, se presenta un diagnóstico claro de los elementos del sistema de acueducto donde se obtiene que además de la necesidad de existir un desbalance entra la oferta y la demanda también hay deficiencias en la capacidad de tratamiento de agua y en la capacidad de almacenamiento y regulación.

Se considera que el informe esta presentado de una manera adecuada y acorde con el proyecto.

3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS:

INFORMACION RECIBIDA:

Informes de alternativas en formatos pdf y word con 35 páginas.

REVISION:

CONSIDERACIONES GENERALES:

El informe presenta la metodología de selección de alternativas de manera correcta y cumpliendo con los aspectos exigidos en la normativa, es claro en los criterios de selección empleados.

OBSERVACION:

En cuanto al déficit de almacenamiento que se presenta en el diagnóstico del sistema no se tuvo en cuenta en las alternativas planteadas, se debe aclarar este aspecto y si es necesario incluir el almacenaje en las alternativas.

4. ESTUDIO HIDRAULICO:

INFORMACION RECIBIDA:

Informes de diseño hidráulico en formato pdf y con 31 páginas.

REVISION:

CONSIDERACIONES GENERALES:

El capítulo 4 se refiere al diseño de la línea de impulsión y se presentan los parámetros de diseño del sistema de bombeo.

OBSERVACIONES:

No se presenta en el informe el diseño de la línea de impulsión con el cálculo de la potencia de la bomba y

características técnicas de la misma.

En la imagen que se presenta en el capítulo 4 se muestran 2 líneas de impulsión y no se aclara porque se diseñan estas dos líneas de impulsión.

No se presenta modelación hidráulica en software especializado dándole cumplimiento a el numeral 2.4.10 de la resolución 0661.

No se presenta diseño de las tuberías, el cual debe contar con análisis de golpe de ariete, presión de diseño, análisis de resistencia de la tubería para obtener el RDE de acuerdo con la resolución 0330 de 2017, se debe obtener la presión de diseño afectando la presión transigente por un coeficiente de seguridad que para sistemas de bombeo es de 1.3, no se presenta el diseño de anclajes de accesorios como codos.

Los planos no cumplen con los requerimientos de la resolución 0661, el perfil longitudinal no presenta la cota piezométrica ni información sobre el RDE de la tubería el cual debe salir del análisis de presión de diseño.

En planos se presentan dos líneas de impulsión, no es claro cual se está diseñando, faltan detalles de válvulas y de cimentación de la tubería.

En general el informe de diseño está incompleto y los planos no cumplen con las exigencias de normativa.

5. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

INFORMACION RECIBIDA:

Informes de diseño de la planta de tratamiento de agua potable en formato pdf y con 20 páginas.

REVISION:

CONSIDERACIONES GENERALES:

El informe presentado es solo una descripción de los procesos con que contará la PTAP, no presenta ningún tipo de análisis.

OBSERVACIONES:

REVISIÓN No.2

No se presenta ensayos de calidad del agua ni la selección de la tecnología de tratamiento de potabilización.

No se presenta el análisis y dimensionamiento hidráulico de los diferentes procesos del tren de tratamiento donde se garantice el cumplimiento de los estándares exigidos en las resoluciones 0330 y 0799.

Solo se presenta un plano en planta, no hay detalles de los diferentes elementos del tren de tratamiento, faltan secciones transversales, perfil hidráulico. Etc.

Edgar Villegas Pallares
Especialista en Estructuras
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
MP 54202-136467 NTS

REVISIÓN No.3

San José de Cúcuta, 12 de febrero de 2026

REFERENCIA: INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, CONTABLE, FINANCIERA Y AMBIENTAL A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

ASUNTO: REVISION DE LOS COMPONENTES HIDRAULICOS

1. **ESTUDIO HIDROGEOLOGICO:**

INFORMACION RECIBIDA:
Informe de estudio hidrogeológico en formato pdf con 81 páginas, 9 carpetas con los anexos del estudio.

REVISION:

CONSIDERACIONES GENERALES:
Contiene todos los aspectos relacionados con la hidrogeología necesaria para la exploración de un pozo profundo, la presentación del informe es clara, no hay observaciones al respecto.

2. **DIAGNOSTICO:**

INFORMACION RECIBIDA:

Informes de diagnóstico en formatos pdf y Word con 41 páginas.

REVISION:

CONSIDERACIONES GENERALES:

El informe presenta la cuantificación de oferta y demanda con el análisis de déficit de demanda existente con lo cual se justifica la proyección de un pozo profundo para suplir esta deficiencia, se presenta un diagnóstico claro de los elementos del sistema de acueducto donde se obtiene que además de la necesidad de existir un desbalance entra la oferta y la demanda también hay deficiencias en la capacidad de tratamiento de agua y en la capacidad de almacenamiento y regulación.

Se considera que el informe esta presentado de una manera adecuada y acorde con el proyecto.

3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS:

INFORMACION RECIBIDA:

Informes de alternativas en formatos pdf y Word con 35 páginas.

REVISION:

CONSIDERACIONES GENERALES:

El informe presenta la metodología de selección de alternativas de manera correcta y cumpliendo con los aspectos exigidos en la normativa, es claro en los criterios de selección empleados.

OBSERVACION:

En cuanto al déficit de almacenamiento que se presenta en el diagnóstico del sistema no se tuvo en cuenta en las alternativas planteadas, se debe aclarar este aspecto y si es necesario incluir el almacenaje en las alternativas.

REVISION: Se subsano la observación.

4. ESTUDIO HIDRAULICO:

INFORMACION RECIBIDA:

Informes de diseño hidráulico en formato pdf y con 31 páginas.

REVISION:

CONSIDERACIONES GENERALES:

El capítulo 4 se refiere al diseño de la línea de impulsión y se presentan los parámetros de diseño del sistema de bombeo.

REVISIÓN No.3

OBSERVACIONES:

No se presenta en el informe el diseño de la línea de impulsión con el cálculo de la potencia de la bomba y características técnicas de la misma.

REVISION: Se subsana la observación.

En la imagen que se presenta en el capítulo 4 se muestran 2 líneas de impulsión y no se aclara porque se diseñan estas dos líneas de impulsión.

No se presenta modelación hidráulica en software especializado dándole cumplimiento a el numeral 2.4.10 de la resolución 0661.

REVISION: Se subsana la observación, se presenta solo la información correspondiente a la línea de impulsión diseñada.

No se presenta diseño de las tuberías, el cual debe contar con análisis de golpe de ariete, presión de diseño, análisis de resistencia de la tubería para obtener el RDE de acuerdo con la resolución 0330 de 2017, se debe obtener la presión de diseño afectando la presión transigente por un coeficiente de seguridad que para sistemas de bombeo es de 1.3, no se presenta el diseño de anclajes de accesorios como codos.

REVISION: Se subsana la observación.
Los planos no cumplen con los requerimientos de la resolución 0661, el perfil longitudinal no presenta la cota piezométrica ni información sobre el RDE de la tubería el cual debe salir del análisis de presión de diseño.

REVISION: Se subsana la observación.
En planos se presentan dos líneas de impulsión, no es claro cual se está diseñando, faltan detalles de válvulas y de cimentación de la tubería.

REVISION: Se subsana la observación.

OBSERVACION:

Se mejoró los aspectos relacionados con la presentación de planos en la línea de aducción, pero falta detalles generales de construcción del pozo profundo, como son detalles del montaje de la bomba, de la tubería de perforación, encamisado del pozo y despieces de accesorios.

5. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

INFORMACION RECIBIDA:

Informes de diseño de la planta de tratamiento de agua potable en formato pdf y con 20 páginas.

REVISION:

CONSIDERACIONES GENERALES:

El informe presentado es solo una descripción de los procesos con que contará la PTAP, no presenta ningún tipo de análisis.

OBSERVACIONES:

No se presenta ensayos de calidad del agua ni la selección de la tecnología de tratamiento de potabilización.

No se presenta el análisis y dimensionamiento hidráulico de los diferentes procesos del tren de tratamiento donde se garantice el cumplimiento de los estándares exigidos en las resoluciones 0330 y 0799.

Solo se presenta un plano en planta, no hay detalles de los diferentes elementos del tren de tratamiento, faltan secciones transversales, perfil hidráulico. Etc.

REVISION: Persisten las observaciones de la revisión anterior, el informe presentado dice que es preliminar.

Edgar Villegas Pallares
Especialista en Estructuras
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
MP 54202-136467 NTS

REVISIÓN No.4

San José de Cúcuta, 24 de febrero de 2026

REFERENCIA: INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, JURÍDICA, CONTABLE, FINANCIERA Y AMBIENTAL A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREINVERSIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO URBANO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZO PROFUNDO PARA OBTENCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

ASUNTO: REVISION DE LOS COMPONENTES HIDRAULICOS

OBSERVACION:

Se mejoró los aspectos relacionados con la presentación de planos en la línea de aducción, pero falta detalles generales de construcción del pozo profundo, como son detalles del montaje de la bomba, de la tubería de perforación, encamisado del pozo y despieces de accesorios.

REVISION:

Se recibe el plano hidraulico de detalles constructivos del pozo profundo.

En el rotulado el plano no tiene información del profesional que realizó el diseño, este debe contener la información y espacio para la firma del especialista hidraulico responsable del diseño. En el rotulo aparecen ingenieros topógrafos.

DEPARTAMENTO: NORTE DE SANTANDER	MUNICIPIO: TIBU	VEREDA: _____
PROPIETARIO DE LOS PREDIOS: _____		AREA LEVANTAMIENTO:
LEVANTÓ: Nombre: Christian Bedoya Profesión: Ingeniero Topográfico Matrícula Profesional No. 25335218950CND	CALCULÓ: Nombre: Christian Bedoya Profesión: Ingeniero Topográfico Matrícula Profesional No. 25335218950CND	REVISÓ: Nombre: Mauricio Delgado Profesión: Ingeniero Topográfico Matrícula Profesional No. 25335198213CND

REVISIÓN No.4

1. **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

INFORMACION RECIBIDA:

Informe de diseño de la planta de tratamiento de agua potable en formato pdf y con 20 páginas.
Informe de memorias de calculo de la planta de tratamiento de agua potable en formato pdf con 13 páginas.
Reporte de resultados de ensayos de calidad del agua en formato pdf, una página.

OBSERVACIONES:

La portada de los informes debe presentar el objeto del contrato al que pertenecen y los datos del especialista hidraulico que realizó el diseño, el informe debe presentar el espacio para la firma del profesional que realizó el diseño hidraulico.

No se presentan planos de detalles de los diferentes elementos del tren de tratamiento, faltan secciones transversales, perfil hidraulico. Etc.

Edgar Villegas Pallares
Especialista en Estructuras
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
MP 54202-136467 NTS

ANEXO V

INFORME FINANCIERO MES DE FEBRERO 2026 - CONVENIO 1079 DE 2025

INFORME FINANCIERO DEL CONVENIO 1079- 2025	FEBRERO-2026

Avance financiero del convenio interadministrativo No. 1079 de 2025, suscrito entre el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y el Departamento Norte De Santander.
"CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA CAPTACIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CABECERA MUNICIPAL DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER"
"CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS CON SANEAMIENTO BÁSICO PARA VIVIENDA"**.**

De acuerdo con las obligaciones enmarcadas en el proceso de seguimiento y supervisión de los convenios de usos de recursos en los cuales La Nación efectúa apoyo financiero a proyectos de acueducto y alcantarillado; a continuación se permite rendir informe financiero de los aportes recibidos de la Nación, rendimientos financieros generados y pagos generados a la fecha en marco del convenio interadministrativo de usos de recursos en mención, con base a la información suministrada por el instrumento fiduciario que administra los recursos de la nación.

Cabe mencionar que dicho procedimiento **UNICAMENTE** se debe reportar para los recursos entregados del PGN:

1. INFORMACIÓN APORTES

1.1 SALDO PERIODO ANTERIOR	1.2 VALOR PERIODO ACTUAL	1.3 APORTES REINTEGRADOS A DTN	1.4 SALDO ACTUAL APORTES
$ 61.092.000.000,00	$ 0	$0	**$ 61.092.000.000,00**

MES	EVOLUCIÓN DE LOS APORTES NACIÓN	CDR EXPEDIDOS
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER, ENERO DE 2026	$ 55.092.000.000,00	$ 31.817.219.207,00
MUNUCIPIO DE TIBU, ENERO DE 2026	$ 6.000.000.000,00	$ 0,00
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER, FEBRERO DE 2026	$ 0,00	$ 22.098.841.625,40
MUNICIPIO DE TIBU, FEBRERO DE 2026	$ 0,00	$ 0,00
TOTAL	**$ 61.092.000.000,00**	**$ 53.916.060.832,40**

2. INFORMACIÓN PAGOS

2.1. SALDO PERIODO ANTERIOR	2.2. VALOR PERIODO ACTUAL	2.3 SALDO ACTUAL PAGOS
$ 0*	**$ 0**	**$ 0***

*A la fecha no se presentan movimientos de pagos.

3. INFORMACION DE RENDIMIENTOS

ENTE	4.1 SALDO PERIODO ANTERIOR	4.2 INGRESO PERIODO ACTUAL	4.3. EJECUCIÓN PERIODO ACTUAL	4.4. RENDIMIENTOS REINTEGRADOS A LA DTN	4.5 SALDO ACTUAL DE RENDIMIENTOS
DEPARTAMENTO	$ 52.526.346,93	$ 211.916.697,67	$ -	$ -	$ 264.443.044,60
TIBU	$ 5.720.577,97	$ 23.079.579,35	$ -	$ -	$ 28.800.157,32
TOTALES	$ 58.246.924,90	$ 234.996.277,02	**$ -**	**$ -**	$ 293.243.201,92

3.1 REINTEGRO DE RENDIMIENTOS FINANCIEROS

EVOLUCIÓN DE REINTEGRO DTN	
ACUMULADO A 28 FEBRERO 2025	$0
	$0
ACUMULADO VIGENCIA DEL CONTRATO	**$0**

Sin otro particular,

JHON ALDAIR ALVAREZ BACCA
Gestor del PDA Norte de Santander
Secretario de Agua Potable y Saneamiento Básico.
Anexo: Estados de cuenta

Trazabilidad	Nombre	Cargo	Firma y fecha
Proyectó:	Dayanna Paola Sierra Suarez	Contratista	Dayanna Sierra
Aprobó:	Jhon Aldair Álvarez Bacca	Secretario De Agua Potable Y Saneamiento Básico	